Santillana

La Enciclopedia del Estudiante

07 Física y Química



La
ENCICLOPEDIA
del ESTUDIANTE

Santillana

07 Física y Química

La
Enciclopedia
del Estudiante

Equipo editorial

Dirección editorial
Enric Juan Redal

Editores ejecutivos
Silvia Caunedo Madrigal
José Manuel Cerezo Gallego
Estrella Molina Gete
José M.ª Prada Carrillo
Mercedes Rubio Cordovés

Editores y colaboradores editoriales
M.ª Jesús Argüello Ramos
Mar Blé Berrio
Rosario Calderón Soto
Ana Isabel Calvo Villalba
Pilar de Luis Villota
Rafael Díaz Ayala
Luis Diez del Corral Belda
Nuria Duarte González
Olga Espino de Torres-Peralta
Pilar Esteban García
Elena Feduchi Canosa
Cristina Fernández Tejedor
Pilar García Atance
Óscar García Sanz
Yolanda González Sánchez
Celia Gutiérrez Vázquez
Alicia Irurzun Ipiéns
Alberto Martín Baró
María Martínez Xoubanova
Jaime Matesanz Caparroz
Juan Ignacio Medina Crespo
Pilar Moralejo Mateos
Pablo Nacach Rodríguez Carrera
M.ª Antonia Oliva Pérez-Andújar
José Ignacio Ortega Cervigón
David Ramírez Muriana
Paula Rojo Cabrera
Carlos Soler Montes
Óscar Villarroel González

Coordinador editorial
Alberto Muñoz Céspedes

Proyecto editorial
José Manuel Cerezo Gallego
Enrique Ferro San Vicente
Teresa Grence Ruiz
Estrella Molina Gete
Lola Núñez Madrid
Rocío Pichardo Gómez
José M.ª Prada Carrillo
Domingo Sánchez Figueroa

De esta edición:

Jefa editorial:
Adriana Narváez

Coordinadora editorial:
Laura Pérgola

Colaborador editorial:
Pablo Juan Kaczor

Relación de autores

Física y Química
María Victoria Agapito Serrano
José Luis de Luis García
Fernando de Prada Pérez de Azpeitia
José M.ª Fraile Sánchez
Fernando García Fernández
María Ángeles García Martín
Jesús Martín Martín
Julio Martínez Cerrada
Leopoldo Mateos López
Margarita Montes Aguilera
Valentín Moreno Montes
Rocío Pichardo Gómez
José M.ª Prada Carrillo
Félix Prats Guerrero
Elena Rodado Delgado
M.ª Jesús Rodríguez Herrero
Eduardo Ruiz Carrero
Luis Ruiz Martín
David Sánchez Gómez
María Cruz Santos Gómez
Modesto Vega Alonso
Isabel Vicente Tapia
Manuel Villa Montero

La enciclopedia del estudiante : Física y Química / coordinado por Laura Pérgola. - 1a ed. -
Buenos Aires : Aguilar, Altea, Taurus, Alfaguara, 2011.
v. 7, 320 p. : il. ; 28x20 cm.

ISBN 978-987-04-1663-0

1. Enciclopedias. 2. Material Auxiliar para la Enseñanza. I. Pérgola, Laura, coord.
CDD 030.7

ISBN Obra completa: 978-987-04-1656-2
ISBN de este volumen: 978-987-04-1663-0

La presente publicación se ajusta a la cartografía oficial establecida por el Poder Ejecutivo Nacional a través del Instituto Geográfico Nacional y fue aprobada por Expe. GG11 1019/5 en el mes de marzo de 2011.

Prólogo | Construyendo el futuro

Quizás porque los acontecimientos se suceden tan rápidamente aún no hemos caído en la cuenta de que, en realidad, el siglo XXI ya se ha instalado definitivamente entre nosotros. Sin ir más lejos, parece que fue ayer cuando la mera posibilidad de utilizar la energía solar revolucionaba la estructura industrial de la época, asombrando a propios y extraños. Y, sin embargo, hoy en día se asume como un hecho prácticamente natural la utilización de las energías alternativas o renovables como medios tecnológicos adecuados a la hora de fabricar un automóvil, dotar de luz a un conjunto de casas alejadas de los centros urbanos o incluso poner convenientemente en órbita un modernísimo satélite espacial.

Una de las consecuencias visibles de los cambios que van construyendo el futuro de nuestras sociedades es que multiplican aceleradamente el crecimiento exponencial del conocimiento: no en vano suele decirse que la actual es la «sociedad del conocimiento», cuyos efectos más palpables determinan que cada vez haya más conceptos, procedimientos y cánones educativos que es preciso aprender a lo largo de la vida. Hacer frente a tales desafíos es el principal entusiasmo que motiva la publicación de La Enciclopedia del Estudiante, una obra de consulta ideada como pauta científica y cultural de referencia para toda la familia.

La familia cumple un papel preponderante en la construcción de una educación de calidad. En efecto, a nadie escapa que un padre que lee un buen libro o una madre que está atenta a las noticias nacionales e internacionales fomenta en sus hijos la preocupación vital imprescindible para crecer y desarrollarse emocionalmente dentro de un mundo que les pertenece. Pilar constitutivo de la tríada formada por la sociedad y sus instituciones, el sistema educativo y ella misma, la familia se eleva entonces como punto de partida y de llegada en la formación educativa de los hijos. Transmitir tranquilidad y confianza en ellos mismos brindándoles apoyo en sus actividades escolares, promover el pensamiento crítico en el que el debate y la solidaridad cumplan roles indispensables, favorecer el diálogo plural y abierto, respetuoso y variado en relación con el entendimiento y con las opiniones personales, o fomentar en ellos la capacidad de aprendizaje se convierten en actividades que La Enciclopedia del Estudiante siente como deber propio impulsar y estimular.

Destinada tanto a los alumnos y alumnas con edades comprendidas entre los 12 y los 18 años como a sus padres, La Enciclopedia del Estudiante es esencialmente un compendio de cultura general, un conjunto actualizado de saberes que se ofrece como resumen detallado del currículo escolar vigente. Pero, además, esta obra se distingue de las enciclopedias tradicionales porque presenta una serie de recursos pedagógicos novedosos que permitirán a los padres conocer los métodos necesarios para resolver los problemas escolares de sus hijos, un hilo didáctico muy necesario para colaborar mejor en un proceso de enseñanza-aprendizaje que, gracias a estas pautas innovadoras, se verá sin duda intensificado, entre otras cuestiones porque dicha profundización de la metodología del «saber hacer» favorece un criterio pedagógico esencial: la reunión de la familia alrededor de la cultura y del conocimiento.

En La Enciclopedia del Estudiante se abordan, pues, todos y cada uno de los problemas planteados por el amplio abanico de las diferentes disciplinas científicas y sociales, rigurosamente actualizados, de manera tal que en sus textos no solo se dan cita los patrones de conocimiento clásico del pasado o las sugerentes hipótesis interpretativas del presente, sino también los estilos y tendencias que parece deparar el futuro. Así, al exhaustivo análisis de la figura y de las ideas principales de los grandes pensadores que han marcado el destino de la humanidad, como Kant, Nietzsche o Marx, se une el minucioso examen del pensamiento de filósofos, escritores y artistas contemporáneos que alimentan de dudas y certezas el análisis de futuro que para sí reclama desde siempre toda comunidad. O la rigurosa descripción de los hechos fundamentales de la ciencia que permitieron llegar al descubrimiento de la estructura molecular del ADN o del genoma humano se prolonga con un estudio sobre las responsabilidades éticas o las soluciones humanitarias derivadas del debate sobre la clonación humana.

Pero no solo de teoría o análisis científico vive el individuo, por lo que La Enciclopedia del Estudiante proporciona a su vez un sinfín de conocimientos directamente aplicados, por ejemplo, en lo que respecta al ámbito de la informática, en constante y vertiginosa evolución, empleando para ello una metodología práctica muy cercana incluso al inevitable manual de instrucciones. Es el motivo por el que toda la información ofrecida por los textos fundamentales de esta obra se ve siempre complementada por mapas, esquemas o dibujos ilustrativos, así como también por recuadros explicativos rotulados con títulos como «¿Sabías que...?», «Para saber más» o «Cómo hacer», presentados con la finalidad de esclarecer hasta el detalle las coordenadas trazadas por las investigaciones centrales. Preguntas difíciles de responder como qué es un *e-book*, cómo interpretan los meteorólogos las señales enviadas por el satélite *Meteosat* o cuáles son los datos históricos que confirman la importancia cultural del camino de Santiago en la Edad Media, son descubiertas con la sencillez necesaria para que todos los adolescentes puedan comprender los complejos mecanismos que mueven incombustiblemente al mundo.

En este sentido, La Enciclopedia del Estudiante se encuentra provista de un marco metodológico que hace especial hincapié en privilegiar los aspectos didácticos y pedagógicos de la educación con una excelencia nunca antes llevada a cabo por una obra de estas características. Y esto no ocurre solamente por la labor de profundización consciente que La Enciclopedia del Estudiante ha observado sobre las habilidades y procedimientos más relevantes pertenecientes al mapa diseñado a lo largo de la historia por los individuos y por la realidad, sino también porque aborda esta tarea con un objetivo muy claro: sacar a la luz el currículo oculto, dando a conocer esas pequeñas huellas, esos síntomas imperceptibles de pasado, presente y futuro que en un mismo movimiento forjan la compleja construcción de nuestra actualidad.

En definitiva, esta publicación, por derecho propio, es una obra de consulta y referencia innovadora, porque la inquietud que anima a La Enciclopedia del Estudiante es convertirse en faro que ilumine el difícil camino de construir una educación de calidad, primer paso para seguir avanzando en la conquista de una mejor calidad de vida para todos.



Introducción | Física y Química

Todo aquello que rodea a los seres humanos cambia constantemente: hombres y mujeres, habitantes del mundo, se desplazan, se alimentan, se relacionan entre sí y con la naturaleza que cobija o amenaza... La Física y la Química se ocupan, precisamente, de las transformaciones que se producen en la materia y en la energía, desde el estudio de los átomos y otras partículas imperceptibles a simple vista hasta el comportamiento de los grandes astros y del Universo.

El primer bloque de este volumen de La Enciclopedia del Estudiante comienza con una primera toma de contacto con el estudio de la materia, analizando para ello sus componentes básicos, las magnitudes que se emplean para describirla y las propiedades de algunas sustancias que existen en la naturaleza. A continuación, se trata la combinación de unos átomos con otros y en la forma en que a su vez se combinan unas sustancias con otras, origen de los cambios y transformaciones que se producen en el amplio abanico configurado por la materia.

Definir científicamente las sustancias que forman parte de los seres vivos es el siguiente paso dado por este volumen, cuyas consideraciones más relevantes se centran en conocer y reconocer la forma en que los individuos utilizan los cambios de la materia para elaborar nuevos materiales, fabricar medicamentos o conservar los alimentos en buen estado durante largos períodos de tiempo.

A continuación se analizan los cambios en los que las sustancias que intervienen no desaparecen ni forman sustancias nuevas. Son los procesos relacionados con el movimiento y las fuerzas que afectan a los cuerpos en diferentes situaciones: sobre una superficie sólida, dentro de un líquido, en el aire, en el espacio...

Seguidamente, se hace un minucioso repaso a las diferentes formas de energía existentes, con especial atención a la manera en la que el ser humano genera o aprovecha la energía. Finalmente, en la última parte de este volumen, se revisan nociones fundamentales de electricidad, circuitos eléctricos, imanes y magnetismo u ondas, estudiando en concreto la propagación de las dos ondas que proporcionan la mayor parte de la información que hombres y mujeres reciben del exterior: el sonido y la luz.

En definitiva, este volumen de La Enciclopedia del Estudiante dedicado a la Física y a la Química lleva adelante un exhaustivo repaso científico al funcionamiento general de algunos de los fenómenos que ocurren en la naturaleza.

Índice

Organización de este volumen

Cada volumen de La Enciclopedia del Estudiante está organizado en bloques que corresponden, por lo general, a las partes tradicionales de cada disciplina. Los bloques constan de unidades estructuradas en dobles páginas que exponen los contenidos fundamentales y diversos elementos complementarios.

Física y Química

Desde la estructura de los átomos hasta las leyes que rigen el Universo, los científicos estudian la composición y estructura de la materia, así como los cambios de materia y energía que tienen lugar en la Naturaleza. En este volumen estudiamos los contenidos más relevantes de la Física y de la Química.

Título de la doble página
El color del texto resaltado y de la banda izquierda es diferente en función de los distintos bloques.

Introducción
Llama la atención sobre algún aspecto relevante de la unidad.

Texto informativo
Sencillo y directo, y al mismo tiempo completo y riguroso, comprende los principales datos y conceptos sobre el tema propuesto.

Identificación del bloque de contenido
El color y el rótulo permiten reconocer el bloque al que pertenece la doble página.

Producción de energía eléctrica

Casi toda la electricidad que utilizamos la obtenemos a partir de generadores químicos, como son las pilas y baterías, y generadores electromagnéticos basados en los fenómenos de inducción electromagnética.

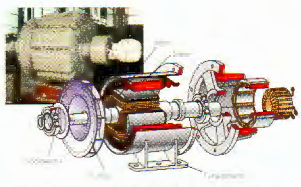
Pilas y baterías



Generadores electromagnéticos

La dinamo

El alternador



Complementos
Biografías, curiosidades, gran variedad de elementos para ampliar información y hacer más útil y agradable la consulta.

Dibujos, esquemas, gráficos y fotografías
Sirven de apoyo, resumen, recolección de datos, ilustración y ampliación del texto informativo.

Pies de los elementos gráficos
Identifican y explican las ilustraciones, aclarando y añadiendo información al texto.

Secciones complementarias

? SABÍAS QUE...

Curiosidades, hechos poco conocidos… el lado más anecdótico de los contenidos.

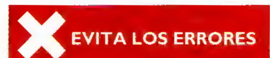


PARA SABER MÁS

Ampliaciones de determinados contenidos, que suponen un paso más en el conocimiento.

BIOGRAFÍA

Resumen de los datos biográficos de algunos personajes relevantes en relación con el contenido.



EVITA LOS ERRORES

Una sección que advierte sobre errores comunes al manejar términos de Física y Química.

NORMAS DE SEGURIDAD

Imprescindibles en aquellos contenidos que proponen la manipulación de objetos o instrumentos.



CÓMO HACER

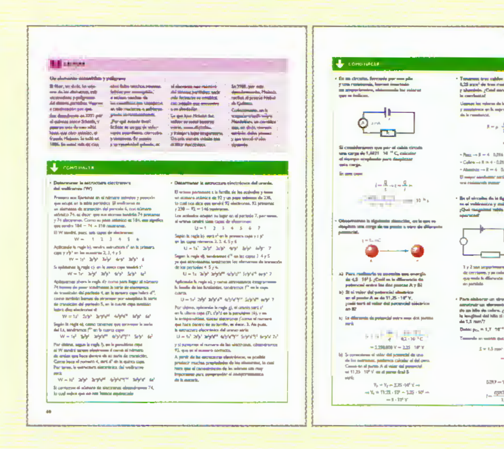
Una sección propia de las materias instrumentales, con normas, pasos en la solución de problemas…

LECTURA

Fragmentos de obras importantes que aportan una interesante visión sobre los contenidos

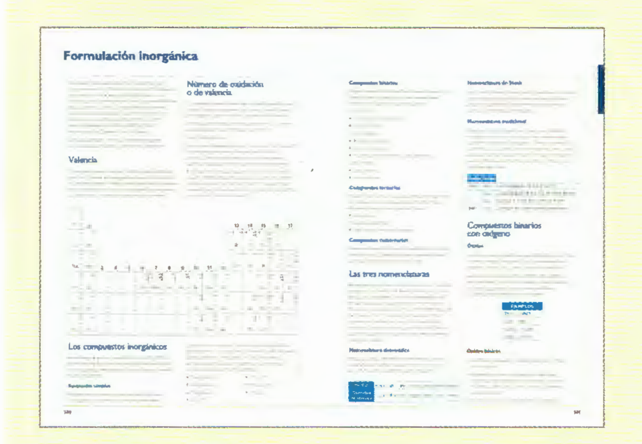
Páginas con procedimientos

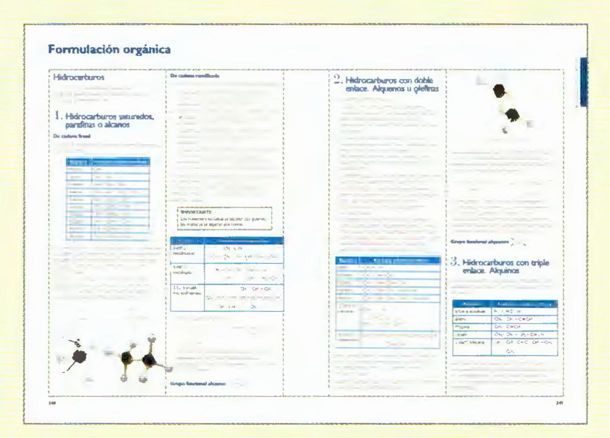
Muchos de los contenidos de la Enciclopedia son especiales, puesto que tienen un componente procedimental que justifica su propio tratamiento. En las secciones CÓMO HACER se resuelven ejercicios de aplicación sobre los contenidos desarrollados.



Anexo de formulación química

Como complemento necesario a los contenidos de Química, se ofrecen las reglas para formular los compuestos orgánicos e inorgánicos.





FÍSICA Y QUÍMICA

Bloque 01. Estructura de la materia

La materia. Elementos y compuestos

Vivimos rodeados de materia: el libro que leemos, la mesa en la que nos apoyamos, el agua que bebemos, el aire que respiramos...



En un batido de chocolate no podemos distinguir la leche (líquida) del chocolate en polvo (sólido). Se trata de una mezcla homogénea.



En un trozo de granito apreciamos sus componentes por ser de colores diferentes. Se trata de una mezcla heterogénea.

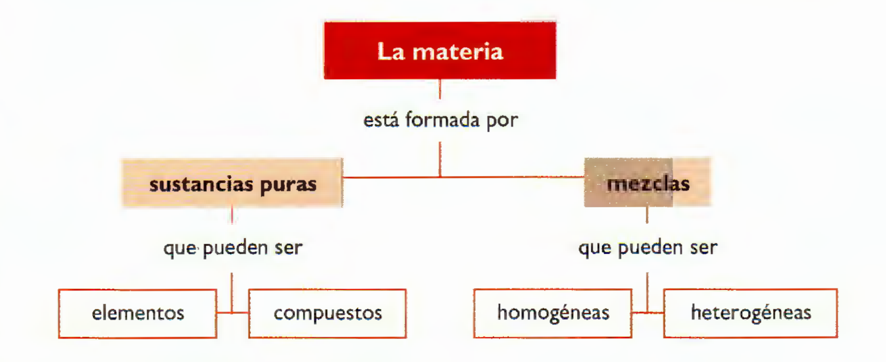
Sustancias puras y mezclas

Hay muchísimas sustancias puras: el agua, el hierro, la sal de cocina, el oxígeno, el azúcar, el butano, etc. Otras tienen nombres menos familiares, como ácido sulfúrico, carbonato de calcio, benceno, etc.

Una **sustancia pura** es aquella que no puede descomponerse en otras más elementales por procedimientos físicos sencillos y que presenta una composición y propiedades fijas en toda su masa.

Ahora bien, en el mundo que nos rodea, las sustancias puras no suelen encontrarse solas, sino formando **mezclas**.

- Si los componentes de una mezcla no se distinguen a simple vista, la mezcla se llama **homogénea** (el aire, el agua de mar, la gasolina). Las **disoluciones** son mezclas homogéneas.
- Si es posible distinguir a simple vista sus componentes, la mezcla se llama **heterogénea** (el granito, un guiso de lentejas...).



SABÍAS QUE...

Sustancias naturales y artificiales

Clasificar las sustancias según se consideren naturales o artificiales es una tarea difícil porque las fronteras entre unas y otras son difusas. Está claro que hay sustancias que son naturales porque existen en la naturaleza, como es el caso del agua.

Pero, al lado de todas ellas, hoy se fabrican muchas sustancias en el laboratorio. Son las sustancias sintéticas. Algunas de estas, aunque ya existan en la naturaleza, las sintetizamos en el laboratorio.

Otras son sustancias totalmente nuevas que no tienen referente igual en la naturaleza, como ocurre con algunos plásticos o medicamentos.



El agua, la arena o la madera de la palmera son ejemplos de sustancias naturales.

Elementos y compuestos

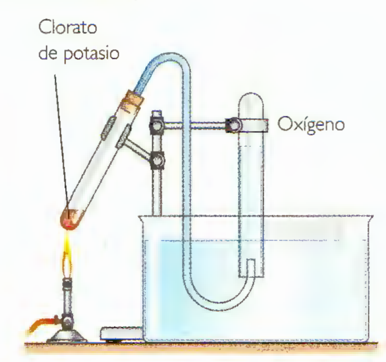
El agua es una sustancia pura, no cambia su composición en los tres estados físicos. Cuando hacemos pasar una corriente eléctrica a través de ella, se transforma en dos gases: oxígeno e hidrógeno. Este procedimiento se denomina **electrólisis**.

Por tanto, el agua, que es una sustancia pura, también es un compuesto porque se puede descomponer en sustancias más sencillas.

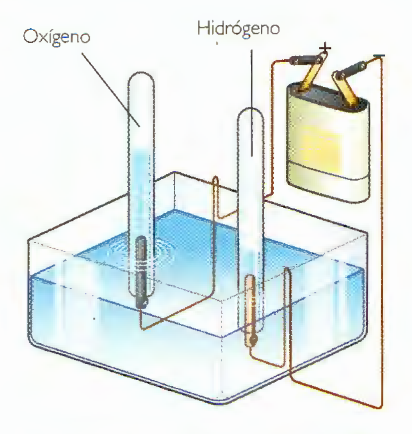
También se puede conseguir descomponer algunas sustancias si se calientan. El procedimiento se llama **descomposición térmica**. Por ejemplo, si calentamos clorato de potasio, que es un sólido, como se indica en el dibujo, obtenemos oxígeno y cloruro de potasio, también sólido.

Las sustancias puras que se pueden descomponer en otras más sencillas se llaman **compuestos** (como el agua o el clorato de potasio).

Las sustancias puras que no se pueden descomponer por ningún procedimiento se llaman **elementos** (como el oxígeno o el hidrógeno).



Descomposición térmica del clorato de potasio.



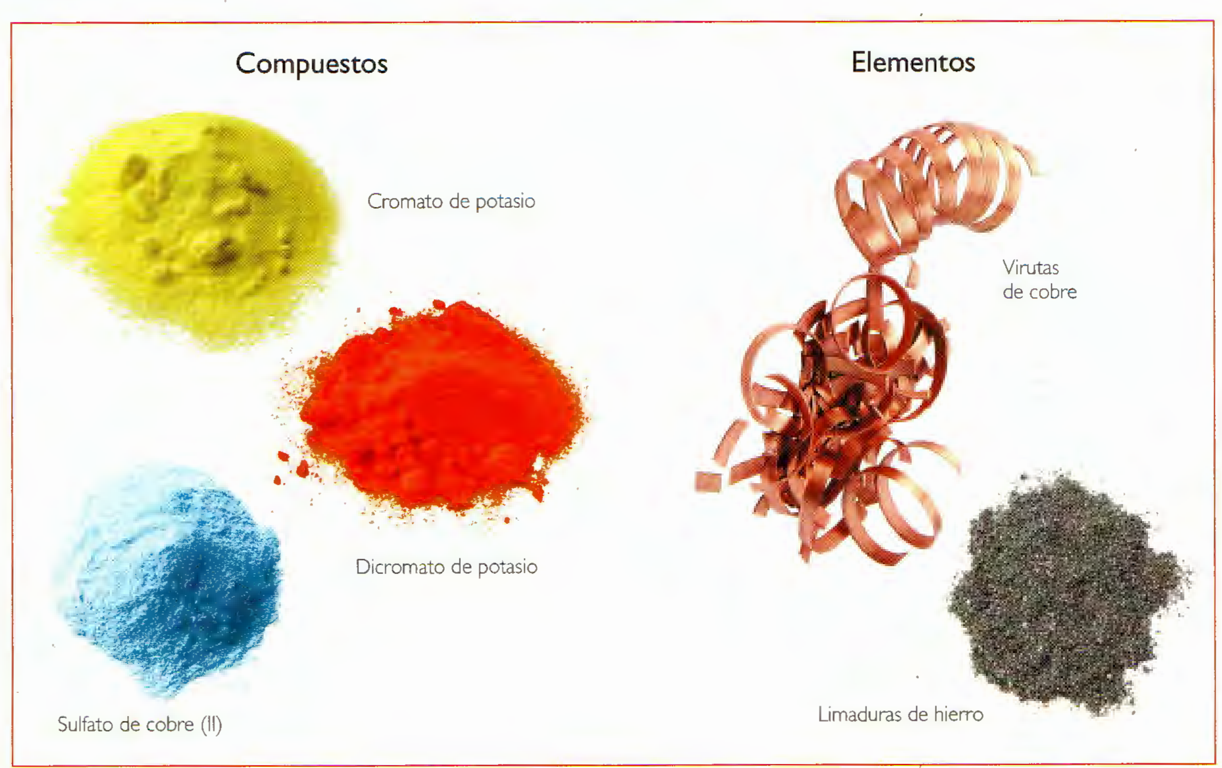
Electrólisis del agua. Cuando se hace pasar la corriente eléctrica por un recipiente con agua, en los electrodos se recogen dos gases: hidrógeno y oxígeno.

? SABÍAS QUE...

Las nubes

El vapor de agua es invisible, no se ve. Con frecuencia se dice que las nubes están formadas por vapor de agua.
Es un error, si fuera así no se verían. Las nubes están formadas por pequeñas gotitas de agua líquida (o por cristalitos de hielo) que se han formado al enfriarse el vapor de agua procedente de la evaporación de los mares.





Mezclas. Métodos de separación

¿Cómo podemos separar las sustancias puras que están presentes en una mezcla? Usaremos distintos métodos de separación, en función de las propiedades de las sustancias puras que forman parte de la mezcla.

? SABÍAS QUE...

Unas mezclas usuales: las bebidas carbónicas

Las bebidas carbónicas son una disolución en estado líquido que lleva disuelto un gas: el dióxido de carbono. Cuando un gas se disuelve en un líquido, la solubilidad disminuye al hacerlo la presión. Si la botella está cerrada, el líquido se halla sometido a una determinada presión, y la disolución tiene disuelta una cantidad grande de dióxido de carbono. Al abrir la botella, disminuyen la presión y la solubilidad del gas. El exceso de gas disuelto sale de la botella arrastrando con él algo de líquido. Esa es la espuma que sale de la botella. Este es también el fundamento de los *sprays*, donde, al abrir la válvula, el exceso de gas disuelto se escapa y arrastra con él al líquido (espumas para el pelo, *spray* de crema batida...).

Propiedades de la materia

Toda la materia ordinaria ocupa un **volumen**, tiene una **masa** y se encuentra a una **temperatura**.El volumen, la masa y la temperatura son **propiedades generales** de la materia y no sirven para conocer la clase de materia de que están hechos los cuerpos.

Por ejemplo, estas dos sustancias:



Nata



Queso de Cabrales

Tienen la misma **masa** (100 g), pero no es la misma materia. Se pueden diferenciar por el olor, y tampoco tienen el mismo sabor.

Y estas...



Aceite



Leche

Tienen el mismo **volumen** (1 L), pero no es la misma materia. Se pueden diferenciar por la **densidad**.

Para diferenciar una sustancia de otra hay que recurrir a otras propiedades, que se llaman **propiedades características**, como el color, el olor, el magnetismo, la solubilidad, la densidad y otras muchas que estudiaremos más adelante.

No conviene averiguar las propiedades características de varias sustancias mezcladas. Para conocerlas mejores necesario separarlas; es decir, obtener las sustancias puras.

Algunas propiedades de la materia	
Generales	Características
Masa	Densidad
Volumen	Color
Temperatura	Solubilidad

Separación de los componentes

Para separar los componentes de una mezcla se utilizan una serie de procedimientos o métodos de separación.

- Si deseamos separar dos sólidos utilizamos la criba:



Criba. Permite separar partículas sólidas de distinto tamaño. Se usa con mezclas heterogéneas con componentes sólidos.

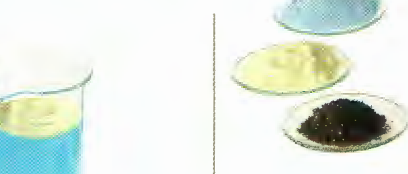
- Si lo que se desea separar son dos líquidos, la técnica a emplear es diferente si son miscibles (que se pueden disolver) o inmiscibles (que no se pueden disolver entre ellos).
  - Cuando los líquidos son inmiscibles se utiliza la **decantación**.
  - Cuando los líquidos son miscibles, por ejemplo el alcohol y el agua, se utiliza la **destilación**.



Decantación. Se utiliza para separar líquidos que tienen distinta densidad. Por ejemplo, agua y aceite.

Destilación. Se utiliza para separar líquidos miscibles que tienen diferente punto de ebullición.

- Si lo que se quiere separar es un sólido de un líquido, también se debe tener en cuenta la solubilidad de uno en otro.
  - Si el sólido no es soluble en el líquido, se utiliza la **filtración**.
  - Si el sólido es soluble, se trata de una solución; se puede evaporar el solvente y se obtiene como residuo seco el soluto.



Filtración. Permite separar un sólido no soluble en un líquido. Las partículas sólidas quedan retenidas en el papel de filtro.

Sólido, líquido y gaseoso. Cambios de estado

La materia puede existir en tres estados: sólido, líquido y gaseoso. La diferencia entre ellos está en sus propiedades físicas.



En algunos lugares podemos encontrar agua en estado sólido, líquido y gaseoso a la vez.

PARA SABER MÁS

En la vida cotidiana acostumbramos observar a sólidos, líquidos y gases como los típicos estados de la materia. Sin embargo, el estado de agregación más abundante en el Universo es el plasma, en el cual la materia se encuentra ionizada, es decir, disociada en partículas cargadas eléctricamente. Hay plasma en las estrellas, como el Sol, y también en algunos componentes electrónicos, como las pantallas de algunos televisores.



Pantalla de plasma.

Los estados de agregación

Según evidencias experimentales, cada estado de agregación tiene propiedades comunes, aunque se trate de sustancias distintas, así como comportamientos idénticos.

Sólidos	• Tienen forma propia y, algunos, regular. • Prácticamente no se comprimen, por lo cual su volumen es constante. • Su densidad es bastante próxima a la de los líquidos. • No fluyen.
Líquidos	• Adoptan la forma del recipiente que los contiene. • Se comprimen con dificultad, por lo que su volumen es prácticamente constante. • Son más densos que los gases. • Pueden fluir.
Gases	• No tienen forma propia. • Se comprimen con facilidad y se expanden llenando el volumen del recipiente que los contiene. • Sus densidades son muy bajas comparadas con las de los líquidos y sólidos. • Pueden fluir. • Ejercen fuerzas sobre todas las paredes del recipiente que los contiene.

Los cambios de estado

A la temperatura ambiente, cada sustancia se encuentra en un estado determinado; el agua es líquida, el oxígeno es gaseoso, el hierro es sólido. Pero a otras temperaturas, las sustancias cambian de estado: el agua puede ser sólida; el mercurio, gaseoso, y el oxígeno, líquido, por ejemplo.

Así pues, la materia cambia de estado según la temperatura a la que se encuentra. A continuación aparecen los nombres de los diferentes cambios de estado.

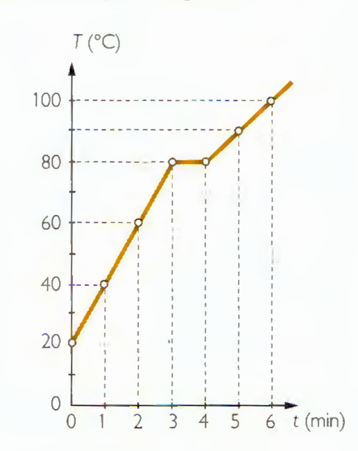


Fusión

En una experiencia de laboratorio se suministra calor a un sólido pulverizado y cada cierto tiempo se mide su temperatura.

Los resultados obtenidos se recogen en la tabla de datos y en la gráfica siguiente.

Tiempo (min)	Temperatura (°C)	Observaciones
0	20	Sólido
1	40	Sólido
2	60	Sólido
3	80	Sólido y líquido
4	80	Sólido y líquido
5	90	Líquido
6	100	Líquido



A 80 °C tiene lugar un cambio de estado: el sólido se convierte en líquido; es decir, se ha producido una **fusión**. También se observa que mientras dura la fusión la temperatura permanece constante, aunque se sigue suministrando calor.

Este comportamiento es general para todos los sólidos; por lo que podemos establecer que:

1. Todos los sólidos funden a una temperatura característica llamada temperatura o punto de fusión, que es diferente para cada sólido.
2. Mientras dura la fusión, la temperatura permanece constante.

Evaporación

La evaporación es una forma de vaporización: es el paso de líquido a gas a cualquier temperatura inferior a la temperatura de ebullición; es un fenómeno que ocurre en la superficie de cualquier líquido, algunos lo hacen lentamente, como el aceite, y otros muy rápido, como el alcohol.

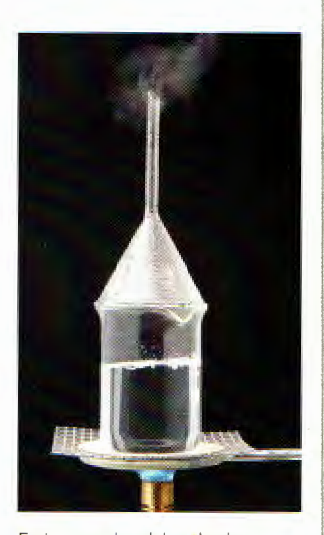
A mayor temperatura, mayor velocidad de evaporación.

Condensación



El paso del estado gaseoso al estado líquido se denomina condensación.

La temperatura en la que se produce el paso de vapor de agua a agua líquida (condensada) se denomina **punto de rocío.**



En las paredes del embudo se forman gotitas de agua. A este fenómeno se le denomina condensación y es muy fácil observarlo a nuestro alrededor: en el empañado de los cristales de los coches, en un espejo, en las gotas de rocío sobre las plantas, en la superficie de los vasos con hielo...

PARA SABER MÁS

La sublimación

El paso directo de sólido a gas, sin pasar por líquido se llama sublimación directa.

La teoría cinética nos explica este cambio de estado debido a que las partículas que se encuentran en la superficie del sólido se mueven constantemente, tienen energía suficiente para escapar y pasar al estado gaseoso, sin necesidad de pasar por el estado sólido fundido.

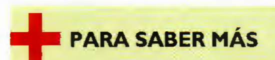
Igualmente, cuando algunos gases se enfrían, pueden convertirse directamente en sólidos, sin pasar por líquidos. Es la sublimación inversa.

Teoría cinética

Las propiedades de los distintos estados de agregación pueden explicarse mediante la teoría cinético-corpuscular de la materia (teoría cinética).



Difusión de permanganato de potasio en agua.
Los sólidos, como el permanganato de potasio, se difunden debido al movimiento de las partículas de agua, que chocan y empujan a las partículas del sólido en todas direcciones.



PARA SABER MÁS

En un milímetro cúbico de aire caben ¡30.000 billones de partículas!, separadas entre sí por distancias diez veces superiores a su diámetro.

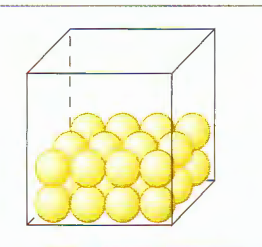
Las partículas se mueven de manera desordenada, chocando entre sí y con las paredes del recipiente, con velocidades enormes. La velocidad depende de la temperatura, pero casi siempre supera los ¡1.000 km/h! Por tanto, no es de extrañar que los científicos hablen del «caos molecular».

Un modelo de la materia: la teoría cinética

El comportamiento de la materia se explica en la actualidad con la teoría cinética, basada en los siguientes supuestos:

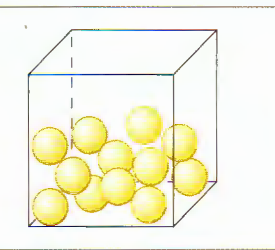
- Toda la materia está compuesta por partículas pequeñísimas en continuo movimiento.
- Un incremento en la temperatura origina un aumento de la energía de las partículas.
- El tamaño de estas partículas es muy pequeño comparado con la distancia que existe entre ellas.
- Las partículas se mueven en todas las direcciones, tanto más deprisa cuanto mayor es la temperatura. En el caso de un gas chocan continuamente contra las paredes del recipiente que las contiene. El resultado de estos choques es la presión gaseosa.

SABÍAS QUE...



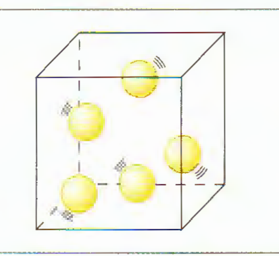
Los sólidos están formados por partículas unidas por fuerzas bastante intensas.

Las partículas están en posiciones fijas y tienen solamente movimientos de vibración en torno a esas posiciones fijas.



Los líquidos están formados por partículas unidas por fuerzas más débiles que en los sólidos.

Las partículas pueden moverse de un punto a otro, aunque permanecen unidas. La diferencia con los sólidos es que hay algunos huecos y esto origina espacios libres donde pueden saltar las partículas. Por eso, los líquidos fluyen.



Los gases están formados por partículas más separadas entre sí, ya que las fuerzas son despreciables. Por eso, son poco densos y se comprimen con facilidad.

Las partículas tienen un movimiento totalmente desordenado.

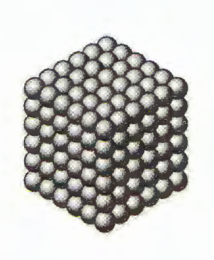
A consecuencia de ese movimiento chocan sobre las paredes del recipiente ejerciendo fuerza sobre ellas.

En los sólidos, las partículas que los forman están muy juntas y ordenadas, y existen fuerzas de atracción entre ellas.

En los líquidos, las partículas están menos ordenadas y las fuerzas que las mantienen unidas son más débiles que en los sólidos. Esta es la razón por la que los líquidos tienen forma variable, mientras que los sólidos la tienen definida, incluso a veces forman cristales.

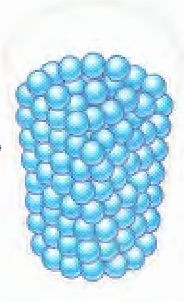



Sólido





Líquido



La teoría cinética explica los cambios de estado

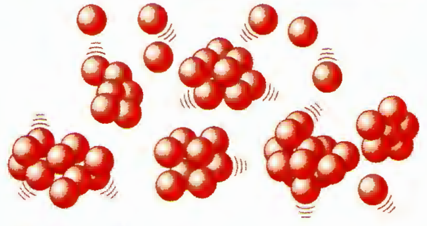
- **La teoría cinética explica la ebullición.** Al calentar el líquido, las partículas se deslizarán unas sobre otras cada vez con mayor velocidad. Y llegará un momento en que se logren vencer las fuerzas atractivas que las mantenían juntas, y el conjunto de partículas comience a separarse. La sustancia ha alcanzado su temperatura de ebullición. El calor que se aporta a partir de ese momento se utiliza para romper las uniones entre las partículas, por eso la temperatura no varía.

  Una vez que se han roto todas las uniones, las partículas, ya separadas, vuelven a aumentar su velocidad.

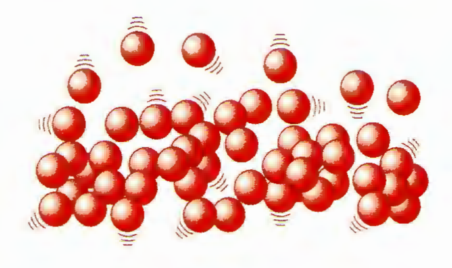
  El punto de ebullición es una **propiedad característica** de la materia: conociendo el punto de ebullición, podemos saber de qué sustancia se trata.

- La teoría cinética explica el fenómeno de la **evaporación** de la siguiente manera: la velocidad media de las partículas depende de la temperatura del líquido. En la superficie del líquido, la temperatura es mayor; por tanto, hay más partículas que tienen suficiente velocidad para escapar y pasar al estado vapor.

  Cuanto más ancha sea la superficie del recipiente, más partículas tendrán la posibilidad de «estar arriba» y escapar.

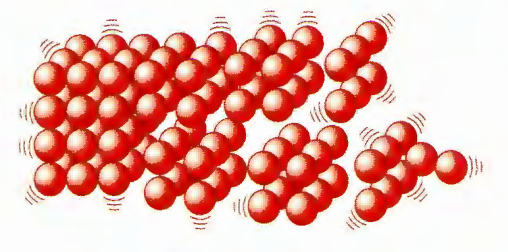
Al calentar un líquido, las partículas se mueven con mayor velocidad, hasta que algunas escapan y pasan a formar parte del gas: es la **ebullición**.



En los líquidos, aun sin alcanzar la temperatura de ebullición, algunas partículas cercanas a la superficie pueden escapar y pasar a formar parte del gas. A este fenómeno se le denomina **evaporación**.



Cuando extendemos la ropa en un tendedero facilitamos la evaporación del agua, por lo que la ropa se seca.



La teoría cinética explica la fusión. Al aumentar la temperatura en un sólido, las partículas vibran más deprisa. Pueden llegar a desligarse de las posiciones fijas que ocupaban y el sólido se convierte en un líquido: **fusión**.

Las leyes de los gases

Una característica de los gases –a diferencia de los sólidos y los líquidos– es que tienen un comportamiento semejante frente a las variaciones de presión y temperatura.

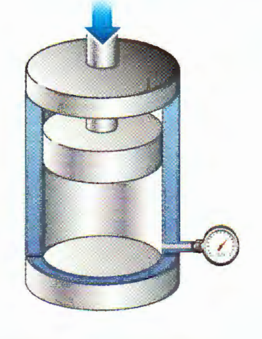
Ley de Boyle

Robert Boyle (1627-1691) quiso averiguar, tomando medidas cuidadosas, si había alguna relación entre el **volumen** que ocupa un gas encerrado y la **presión** que soporta, manteniendo la **temperatura** constante. Para ello introdujo un gas en un cilindro con un émbolo y comprobó las distintas presiones al bajar el émbolo. A continuación tenemos una tabla con algunos de los resultados que obtuvo y una gráfica donde se representan los datos de la tabla.



Si presionamos el émbolo de una jeringa tapada, el volumen de aire encerrado disminuye (el aire se comprime).

P (atm)	V (L)	P · V
0,5	60	30
1,0	30	30
1,5	20	30
2,0	15	30
2,5	12	30
3,0	10	30



Cuando un gas se comprime a temperatura constante, la presión gaseosa aumenta.

Si observamos los datos de la tabla, podemos comprobar que al disminuir el volumen, *V*, la presión, *P*, aumenta y que al multiplicar *P* y *V* se obtiene siempre el mismo número ($P \cdot V = 30$). A partir de este trabajo, Boyle enunció la ley que lleva su nombre.

A temperatura constante, el volumen ocupado por una determinada masa de gas es inversamente proporcional a la presión:

$$P \cdot V = \text{constante}$$

Boyle no se limitó a establecer una ley física sobre el comportamiento de los gases, sino que propuso algunas hipótesis:

«Al ser el aire compresible, debe estar formado por pequeñas partículas inmersas en el vacío».

La compresión, por tanto, consistía en acercar estas partículas. Cuando el gas se expande, las partículas se alejan unas de otras pero su tamaño no varía.



SABÍAS QUE...

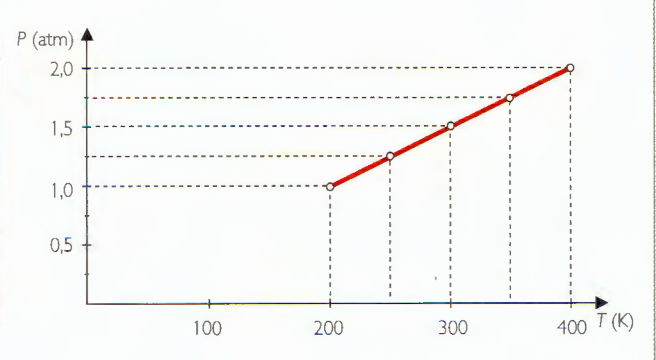
Condiciones normales

Cuando un gas está a 273 K (0 °C) y 1 atm, se dice que está en condiciones normales de presión y temperatura.

Ley de Gay-Lussac

El químico francés Gay-Lussac (1778-1850), a comienzos del siglo XIX, estudió, encerrando gas en un recipiente de **volumen** constante, la variación de la **presión** que ejercen los gases cuando aumenta la **temperatura**. Al aumentar la temperatura, *T*, la presión, *P*, también aumenta.

T (K)	P (atm)
200	1,0
250	1,25
300	1,5
350	1,75
400	2,0



Si se duplica la temperatura, se duplica la presión.

A volumen constante, la presión ejercida por una determinada masa de gas es directamente proporcional a la temperatura absoluta.

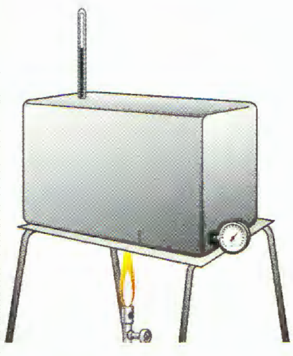
$$\frac{P}{T} = \text{constante}$$

? SABÍAS QUE...

Escalas de temperatura

La relación entre la escala de temperatura centígrada, *t*, y la escala de temperatura Kelvin o absoluta, *T*, es:

$$T = t + 273$$

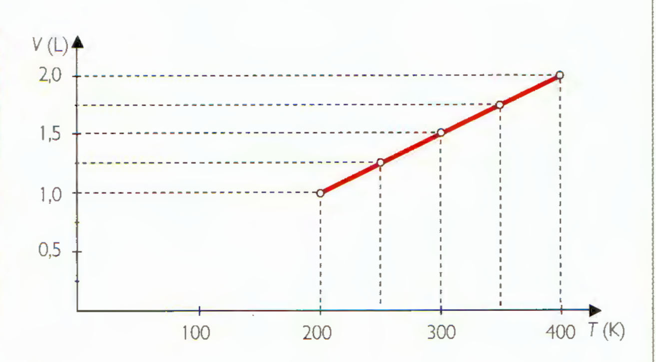


El gas encerrado en este bidón no puede expandirse, por tanto, al elevarse la temperatura aumenta la presión en el bidón.

Ley de Charles y Gay-Lussac

Jacques Alexandre Charles (1746-1823), basándose en experiencias a presión constante, demostró que todos los gases se dilatan por igual al aumentar la **temperatura**, pero Charles no publicó su trabajo y un poco más tarde, en 1802, Gay-Lussac repitió los experimentos de Charles y publicó las conclusiones. Por eso la ley lleva el nombre de los dos científicos. La experiencia demuestra que al calentar el gas encerrado en un recipiente, que mantiene la presión constante, se observan las siguientes variaciones en el volumen:

T (K)	V (L)
200	1,0
250	1,25
300	1,5
350	1,75
400	2,0



A presión constante, el volumen que ocupa un gas es directamente proporcional a la temperatura absoluta.

$$\frac{V}{T} = \text{constante}$$



El gas está atrapado por una gota de mercurio, sometida a la presión atmosférica (constante). Cuando calentamos, el gas se dilata y empuja la gota hacia fuera. Se va midiendo el aumento de temperatura y el correspondiente incremento de volumen del gas.

La masa y el volumen. Su medida

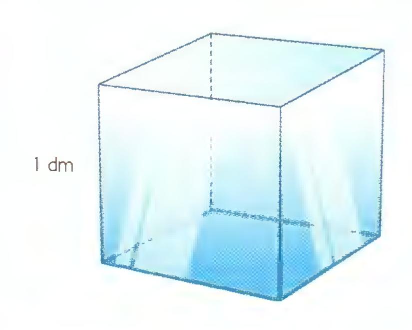
La masa de un cuerpo permanece siempre igual, no importa la temperatura ni que cambie su estado físico o su forma geométrica. Al espacio que ocupan los cuerpos lo llamamos volumen.



Algunas masas aproximadas	
Aceituna	3 g
Moneda de 1 €	9 g
Huevo	60 g
Paloma	400 g
Litro de agua	1 kg
Bicicleta	48 kg
Televisor	20 kg
Coche pequeño	1.000 kg

La masa

Se llama **masa** a la cantidad de materia que tiene un cuerpo. La unidad de masa en el SI es el **kilogramo** (kg).



Un kilogramo es la masa de 1 dm^3 de agua pura (agua destilada) a 4 °C.

La balanza es uno de los instrumentos básicos de medida. Las primeras balanzas se basaban en un contrapeso que se mueve a lo largo de un «brazo» hasta que se equilibra con el objeto situado en un platillo.

Equivalencia entre unidades de masa
1 t = 1.000 kg
1 kg = 1.000 g
1 g = 10 dg
1 g = 100 cg
1 g = 1.000 mg

Medida de masas

Las masas se miden con balanzas. Hay muchos modelos de balanzas, por ejemplo, la balanza de **platillos** y la **digital**.





Balanza de platillos: la masa se mide por comparación con otras masas, que se presentan en pesas de distintas cantidades.



Balanza digital: es una balanza electrónica. Es la más utilizada en los laboratorios, ya que es precisa y cómoda.

El volumen

Sobre el volumen de los sólidos y los líquidos influye la temperatura.

- Si la temperatura aumenta, los sólidos y los líquidos se dilatan ligeramente; es decir, aumenta un poco su volumen.
- Si la temperatura disminuye, los sólidos y los líquidos se contraen; es decir, disminuye algo su volumen.

En los gases, la influencia de la temperatura sobre el volumen es muy grande y obedece a unas leyes concretas. Por el momento nos referiremos solo a los sólidos y los líquidos.

La unidad de volumen en el SI es el **metro cúbico** (m^3): 1 m^3 es el volumen de un cubo de 1 m de lado.

Con frecuencia se emplean algunos submúltiplos, como, por ejemplo: el **decímetro cúbico** (dm^3) y el **centímetro cúbico** (cm^3).

Algunos volúmenes aproximados (L)	
Vaso de agua	0,2
Lata de gaseosa	0,34
Botella pequeña de agua mineral	0,5
Tetrabrik de leche	1
Cisterna de inodoro	6
Bañera doméstica	300
Piscina mediana	50.000

Medida de volúmenes de líquidos

La medida de volúmenes de líquidos es muy importante en el laboratorio, en la industria e incluso en la vida doméstica.

Para medir el volumen de un líquido se utilizan diferentes instrumentos. Entre ellos, la **probeta**, que:

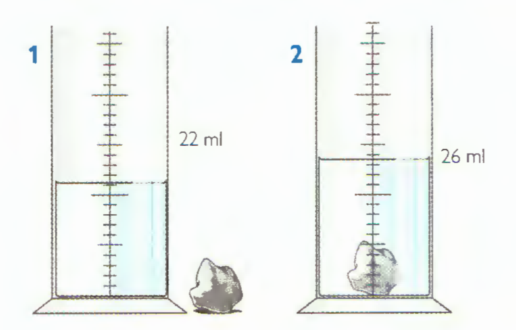
- Puede medir hasta un cierto volumen, no más. Es su **capacidad máxima**.
- La cantidad mínima que puede medir es lo que cabe entre dos líneas consecutivas de su escala. Es su **precisión**.

Recipientes utilizados para medir volúmenes: probeta, matraz aforado, vaso de precipitados y erlenmeyer.

Medida de volúmenes de sólidos

Al medir el volumen de un sólido debemos tener en cuenta su forma:

- Si el **sólido es irregular** nos ayudamos de un líquido (normalmente agua) y utilizamos el «método de inmersión». El volumen del sólido será la diferencia entre el volumen señalado por la probeta en (2) y el volumen señalado en (1). El error coincide, en este caso, con la precisión de la probeta.

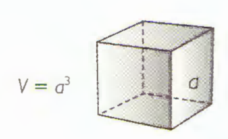


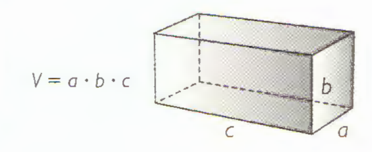
En este caso, el volumen será:

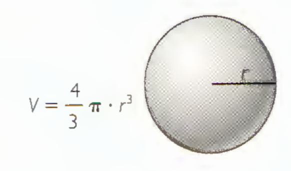
$$V_s = 26 \text{ ml} - 22 \text{ ml} = 4 \text{ ml}$$

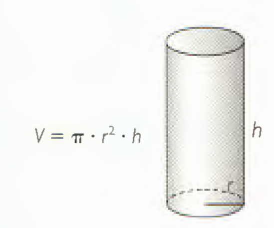
Como 1 ml de capacidad es igual a 1 cm^3 de volumen, el volumen del sólido es de 4 cm^3.

- Si el **sólido es regular** (cubo, ortoedro, cilindro, etc.), el volumen se obtiene midiendo las dimensiones importantes y aplicando luego fórmulas matemáticas conocidas. En este caso, el error vendrá dado por la precisión de la regla utilizada para medir las dimensiones.









La temperatura y su medida

Aunque un cuerpo esté en reposo, las partículas que lo componen están dotadas de movimientos (vibraciones, traslaciones, rotaciones). La energía media de esos movimientos es lo que llamamos temperatura.

La temperatura se mide normalmente en **grados centígrados** (°C), es decir, en la **escala Celsius**. En esta escala se sitúa el cero (0 °C) en el punto de conversión del agua en hielo y el cien (100 °C) en el punto de ebullición del agua, ambos a 1 atmósfera de presión. Ese intervalo se divide en cien partes iguales y cada parte es un grado centígrado. Por supuesto, hay temperaturas por encima de 100 °C y por debajo de 0 °C.

Con posterioridad al establecimiento de la escala centígrada, lord Kelvin (1824-1907) encontró que había un límite inferior de temperaturas por debajo del cual no se podía enfriar un cuerpo. Ese límite corresponde a −273,15 °C, y Kelvin lo llamó **cero absoluto**. Se define así una nueva escala, llamada **absoluta** o **Kelvin**. La unidad de temperatura en el SI es el **kelvin**.



La escala Fahrenheit

Si alguien viaja a Estados Unidos puede encontrarse con una escala de temperatura diferente, la escala Fahrenheit. En ella el 0 °C equivale a 32 °F y 100 °C a 212 °F. Luego la equivalencia será:

$$1\ °C = 1{,}8\ °F = 1\ K$$

Para expresar en °C una temperatura dada en °F puede emplearse la siguiente fórmula:

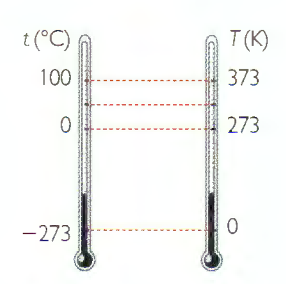
$$t\ (°C) = \frac{t\ (°F) - 32}{1{,}8}$$

Equivalencia de escalas

La temperatura medida en la escala centígrada o Celsius se nombra t y la medida en la escala absoluta o Kelvin se nombra T. La relación entre ambas es:

$T \rightarrow K$; $t \rightarrow °C$

$$T = t + 273$$



La temperatura 0 K se llama cero absoluto. Es la temperatura a la cual las partículas de un cuerpo dejan de moverse, por eso ningún cuerpo puede enfriarse por debajo de dicho valor.

CÓMO HACER

- **¿Cuántos kelvin son 27 °C?**

  La relación entre la escala Kelvin y la Celsius sabemos que es:

  $$T = t + 273 = 27 + 273 \rightarrow$$
  $$\rightarrow T = 300\ K$$

- **¿Cuántos grados centígrados son 373 K?**

  De nuevo empleamos la relación entre ambas escalas:

  $$T = t + 273;\ 373 = t + 273 \rightarrow$$
  $$\rightarrow t = 100\ °C$$

Medida de temperaturas

Ya sabemos que la sensación personal de **caliente** o **frío** no es suficiente para conocer con precisión cuál es la temperatura de los cuerpos. Para hacerlo de forma correcta es necesario utilizar unos instrumentos de medida llamados **termómetros**.

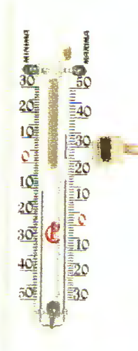
Hay muchos tipos de termómetros. La mayoría de ellos se basan en la propiedad que tiene el mercurio u otra sustancia de dilatarse al recibir calor. El termómetro consta de un pequeño depósito de mercurio unido a un fino tubo de vidrio, de forma que al acercar el depósito a una fuente de calor, el mercurio se dilata y asciende por el tubo.



Termómetro de mercurio: habitual en los laboratorios.
- Precisión: 1 °C.
- Rango: −15 °C a 50 °C.

Termómetro clínico: también de mercurio. El mercurio sube fácilmente, pero no baja si no se le fuerza. Con él podemos medir la temperatura del cuerpo.
- Precisión: 0,1 °C.
- Rango: de 35 °C a 42 °C.

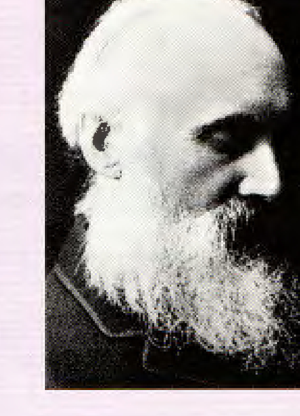
Termómetros digitales: no utilizan mercurio. Son frecuentes en los coches, en las calles de las ciudades y en algunos aparatos domésticos.
- Precisión: 0,1 °C.
- Rango: de 35 a 42 °C (para el termómetro clínico).



Termómetro de máxima y mínima: también de mercurio. Se usa en meteorología. Indica las temperaturas máxima y mínima alcanzadas durante cierto tiempo.
- Precisión: 1 °C.
- Rango para las temperaturas máximas: de −30 a 50 °C.
- Rango para las temperaturas mínimas: de −50 a 30 °C.

 **BIOGRAFÍA**

Lord Kelvin



Corría el año 1848 cuando un científico de Irlanda del Norte llamado William Thomson (1824-1907) propuso que para medir la temperatura de los cuerpos se utilizase una nueva escala que comenzara a contar justamente en el llamado cero absoluto. Por entonces ya se había calculado que la temperatura tiene un límite natural, por debajo del cual es imposible descender. Ese límite estaba establecido en –273,15 °C, o sea, a 273,15 °C bajo cero.

William Thomson era profesor de física en la Universidad de Glasgow desde los veintidós años, a los treinta y cuatro había sido nombrado *sir* y en 1892 decidieron nombrarle *lord*. Puesto que desempeñó un papel importante en el tendido del primer cable transatlántico, se pensó en adoptar para él el título de *lord* del Cable o *lord* del Compás.

Pero finalmente el propio interesado propuso que se lo concedieran como *lord* Kelvin, en recuerdo del pequeño río sobre cuya ribera está asentada la Universidad de Glasgow. Y así no solo ha pasado ese nombre a la historia de la física para identificar a William Thomson, sino también para denominar la unidad de la escala absoluta de temperaturas.



La densidad y su medida

Los cuerpos que tienen idéntico volumen pueden poseer, sin embargo, masas diferentes. ¿Cómo diferenciamos unos de otros? Definimos una nueva magnitud que lo refleje: la densidad.

Tabla de densidades (25 °C)

Sólidos	g/cm³	kg/m³
Aluminio	2,7	2.700
Corcho	0,25	250
Cobre	8,96	8.960
Hielo	0,92	920
Hierro	7,9	7.900
Madera	0,2-0,8	200-800
Plomo	11,3	11.300
Vidrio	3,0-3,6	3.000-3.600
Líquidos	**g/cm³**	**kg/m³**
Acetona	0,79	790
Aceite	0,92	920
Agua de mar	1.025	1.025
Agua destilada	1	1.000
Alcohol etílico	0,79	790
Gasolina	0,68	680
Leche	1,03	1.030
Mercurio	13,6	13.600
Gases (0 °C, 1 atm)	**g/cm³**	**kg/m³**
Aire	0,0013	1,3
Butano	0,0026	2,6
Dióxido de carbono	0,0018	1,8
Hidrógeno	0,0008	0,08
Oxígeno	0,0014	1,4



El mercurio (Hg) es un metal líquido con una densidad muy alta.

La **densidad** es una propiedad característica de la materia que nos permite diferenciar una sustancia de otra. Su unidad en el SI es el kg/m³.

$$\text{densidad } (d) = \frac{\text{masa } (m)}{\text{volumen } (V)}$$

Veamos algunos ejemplos:

- Densidad del agua:

  1 g/cm³

  1 cm³ → 1 g



- Densidad del plomo:

  11,3 g/cm³

  1 cm³ → 11,3 g



- Densidad del corcho:

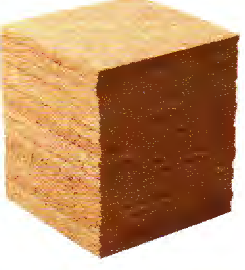
  0,25 g/cm³

  1 cm³ → 0,25 g



El caso del agua es único, ya que 1 g es la masa de 1 cm³ (1 ml) de agua. El mismo número que expresa la masa de agua, en gramos, indica también su volumen en cm³ (ml). Por tanto, la densidad del agua es 1 g/cm³. En el caso del plomo, por ejemplo, 1 cm³ tiene una masa de 11,3 g. En cambio, 1 cm³ de corcho tiene una masa de solo 0,25 g.





Bloques de corcho y de plomo.

En el SI, la masa se mide en kg y el volumen en m³, así que la **densidad** debe medirse en **kg/m³**. La unidad de densidad en el SI resulta un poco grande, por lo que se utiliza más el **g/cm³**.

CÓMO HACER

Veamos cómo se transforman unas unidades en otras.

- De g/cm³ a kg/m³:

$$1\,\frac{\text{g}}{\text{cm}^3} = 1\,\frac{\text{g}}{\text{cm}^3}\cdot\frac{10^{-3}\,\text{kg}}{1\,\text{g}}\cdot\frac{1\,\text{cm}^3}{10^{-6}\,\text{m}^3} = 1\cdot\frac{10^{-3}\,\text{kg}}{10^{-6}\,\text{m}^3} = 1\cdot 10^3\,\frac{\text{kg}}{\text{m}^3} = 1.000\,\frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

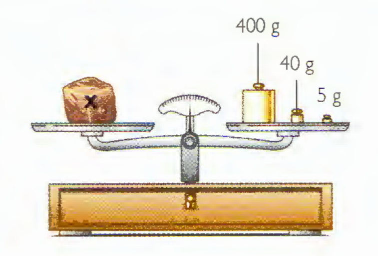
- De kg/m³ a g/cm³:

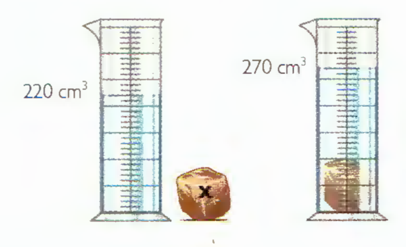
$$1\,\frac{\text{kg}}{\text{m}^3} = 1\,\frac{\text{kg}}{\text{m}^3}\cdot\frac{10^3\,\text{g}}{1\,\text{kg}}\cdot\frac{1\,\text{m}^3}{10^6\,\text{cm}^3} = 1\cdot\frac{10^3\,\text{g}}{10^6\,\text{cm}^3} = 10^{-3}\,\frac{\text{g}}{\text{cm}^3}$$

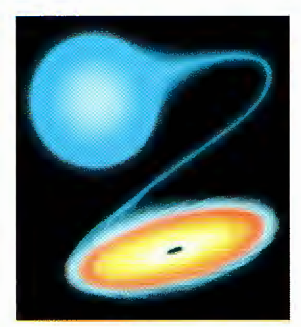
Medida de densidades

La densidad es una magnitud derivada de la masa y el volumen. Para realizar una medida de densidad necesitamos efectuar antes dos medidas directas: masa y volumen. Veamos un ejemplo.

¿Cuál es la densidad del objeto x? ¿De qué sustancia pura se trata?







Algunos agujeros negros tienen poca masa concentrada en un reducidísimo volumen (alta densidad). Otros tienen mucha masa, pero distribuida en un amplio volumen (baja densidad).

Con la balanza determinamos su masa; en este caso, 445 g.

$$m = 400 + 40 + 5 = 445 \text{ g}$$

Como es un sólido irregular, calculamos su volumen, que equivale al líquido desplazado en la probeta.

$$V = 270 - 220 = 50 \text{ cm}^3$$

La densidad será:

$$d = \frac{m}{V} = \frac{445 \text{ g}}{50 \text{ cm}^3} = 8{,}9 \text{ g/cm}^3$$

Consultamos la lista de la página anterior y vemos que la densidad hallada coincide con la del cobre.

La flotabilidad de los sólidos en líquidos depende de las densidades de ambos: si el sólido es más denso que el líquido, se hunde en él (plomo y agua). Por el contrario, si es menos denso, flota (corcho y agua).

En el ejemplo del huevo, cuando el vaso tiene agua, el huevo se hunde. Pero cuando echamos sal en el agua, como la densidad del agua salada es mayor, el huevo flota. Lo mismo sucede con dos líquidos inmiscibles: el más denso se sitúa debajo, y el menos denso, arriba (agua y aceite, respectivamente).

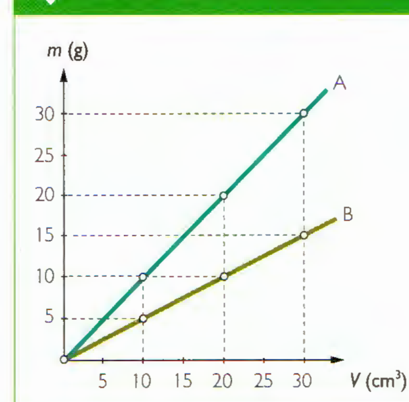


En agua sin sal.



En agua con sal.

CÓMO HACER



Calcular la densidad de las dos sustancias (A y B) representadas al margen y relacionarlas con sus pendientes respectivas.

Calculamos la densidad dividiendo la masa entre el volumen.

- $d_A = \frac{m}{V} = \frac{10 \text{ g}}{10 \text{ cm}^3} = \frac{20 \text{ g}}{20 \text{ cm}^3} = \frac{30 \text{ g}}{30 \text{ cm}^3} = 1 \text{ g/cm}^3$
- $d_B = \frac{m}{V} = \frac{5 \text{ g}}{10 \text{ cm}^3} = \frac{10 \text{ g}}{20 \text{ cm}^3} = \frac{15 \text{ g}}{30 \text{ cm}^3} = 0{,}5 \text{ g/cm}^3$

La pendiente A es mayor que la pendiente B.

La sustancia A es agua y tiene mayor densidad que la sustancia B, que podría ser un tipo de madera, por ejemplo.

Soluciones

Entre las mezclas homogéneas más estudiadas destacan las soluciones. El agua de mar, la sangre, el bronce, el latón, el aire que inspiramos..., todos son soluciones.



Cuando agitamos, el sólido «desaparece» en el líquido: se ha disuelto.

¿Qué es una solución?

Si tenemos un vaso con agua, le añadimos una cucharada de sal y agitamos, observamos que la sal desaparece. Hemos preparado una **solución**. Naturalmente, la sal ha quedado dispersa en el seno de la solución, que adquiere un conocido sabor salado. El agua es el **solvente** y la sal es el **soluto**, cumpliéndose que:

Masa solución = masa solvente + masa soluto

Cuando comenzamos a estudiar la materia, vimos que podíamos clasificar las mezclas en heterogéneas y en homogéneas o soluciones. No decimos nada del estado físico de los componentes de la mezcla homogénea. Obtenemos soluciones con cualquier estado de agregación. Por ejemplo, las aleaciones metálicas (bronce, latón) son soluciones sólidas. Pero aquí vamos a prestar más atención a las soluciones en las que interviene un líquido y un sólido.

Tabla de solubilidades a 20 °C (g de soluto/100 g agua)

Sustancia	Solubilidad
Sal común (cloruro sódico)	36
Cloruro de potasio	34
Nitrato de plata	222
Nitrato de potasio	32
Nitrato de sodio	88
Cloruro de calcio	73
Nitrato de calcio	126
Carbonato de sodio	19
Hidróxido de sodio	108
Hidróxido de calcio	0,17
Sulfato de calcio	0,20
Carbonato de calcio	0,0013

Solubilidad

Si seguimos echando sal al vaso de agua, llegará un momento en que, por mucho que agitemos, la sal se queda en el fondo, ya no se disuelve más. Hemos formado una solución **saturada**. Esto sucede porque cada sustancia tiene una capacidad máxima para disolverse en agua, tiene una **solubilidad** determinada.

La solubilidad es la cantidad máxima de soluto que el solvente admite a una determinada temperatura.

La solubilidad se mide en gramos de soluto por 100 g de solvente siempre a una temperatura dada. Veremos que la solubilidad depende de la temperatura.



CÓMO HACER

- **¿Cuántos gramos de sal común pueden disolverse como máximo en 100 cm³ de agua a 20°C?**

  Recordemos que la densidad del agua es 1 g/cm³. Por tanto, 100 cm³ de agua son 100 g, así que consultando la tabla anterior la cantidad máxima de sal que pueden disolver en 100 cm³ de agua son 36 g.

- **En un recipiente con 200 cm³ de agua echamos 200 g de nitrato de sodio. ¿Qué sucederá a 20 °C?**

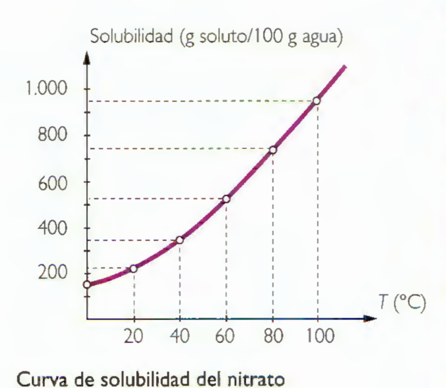
  Según la tabla adjunta, la solubilidad del nitrato de sodio es 88 g de nitrato de sodio/100 g de H_2O; en 200 cm³ se disolverán:

  $$2 \cdot 88 = 176 \text{ g}$$

  Lo que sobra, 24 g, se irá al fondo y no se disolverá.

Solubilidad y temperatura

Si leemos con detenimiento la tabla de solubilidades, observamos que los datos que ofrece se refieren a una temperatura de 20 °C. ¿Qué significa esto? Pues que **la solubilidad cambia con la temperatura**, naturalmente. Fijémonos en el cuadro y en la gráfica que aparecen a continuación.



Curva de solubilidad del nitrato de plata ($AgNO_3$).

Solubilidad (g de soluto/100 g agua)	
T (°C)	Nitrato de plata
0	122
20	222
40	376
60	525
80	769
100	952



Solución saturada. Por mucho que esperemos o agitemos, la sal del fondo no se disolverá.

La gráfica se refiere a una sustancia sólida, nitrato de plata ($AgNO_3$). A medida que aumenta la temperatura, también lo hace la solubilidad.
Este comportamiento, más o menos acusado, es el normal para casi todos los solutos sólidos y líquidos. Por ejemplo, el azúcar se disuelve mejor en la leche caliente que en la leche fría.

Solubilidad (g de soluto/100 g agua)		
T (°C)	Cloruro de sodio	Bromuro de potasio
0	37,5	55
20	36	65
40	36,6	75
60	37,3	85
80	38,4	95
100	39,8	105

Alterando mezclas naturales: la contaminación térmica

Cuando un gas se disuelve en un líquido, la solubilidad disminuye al aumentar la temperatura, ya que entonces las partículas de gas, según la teoría cinética, se mueven más deprisa y pueden dejar más fácilmente el líquido para pasar al aire. Esto quiere decir que, por ejemplo, en agua fría se disuelve una mayor cantidad de oxígeno que en agua caliente. La cuestión es de gran importancia para la vida acuática, ya que los peces respiran el oxígeno disuelto en el agua. Cuando alguna industria vierte agua caliente a un río, mar o lago, el aumento de la temperatura hace que disminuya la cantidad de oxígeno disuelto, lo que hace peligrar la vida de las especies que allí habitan.

La cristalización

Imaginemos que calentamos un vaso que contiene 100 cm^3 de agua hasta 80 °C y echamos en él 769 g de nitrato de plata, ¿se disuelve todo? Claro que sí; fijémonos en el cuadro de datos de arriba. Tenemos así una solución saturada de esta sustancia a 80 °C.

A continuación dejamos enfriar esa solución hasta 20 °C. ¿Qué sucede ahora? Como a esa temperatura solo pueden permanecer disueltos 222 g de soluto, el resto tiene que irse al fondo en forma sólida. Cuando ocurre esto, decimos que se ha formado un **precipitado**. Si en una solución saturada dejamos evaporar el líquido, se irán formando **cristales** del sólido. Estos cristales geométricos tienen a veces un considerable tamaño y gran belleza.

La evaporación del líquido puede hacerse en un recipiente denominado cristalizador, con el fondo plano y una boca muy ancha.



Cristalizador.

Concentración de las soluciones

Conocer la cantidad de soluto en relación con la cantidad de solvente es muy importante. No es lo mismo beber un vaso de agua con unas gotas de alcohol que un vaso de alcohol con unas gotas de agua...

En un análisis de sangre o de orina se miden las concentraciones de ciertas sustancias, y los resultados sirven para detectar enfermedades. No es lo mismo que en el plasma sanguíneo haya 90 mg de glucosa por cada 100 cm^3, que haya 150 mg. En el segundo caso existe una enfermedad diabética.
Por eso se define una magnitud denominada concentración.

Soluciones de dicromato de potasio en agua.

Una solución **saturada** es la que contiene la mayor cantidad de soluto posible a una determinada temperatura. Pero una solución también puede contener menos soluto, entonces se llama solución **diluida** (el agua del mar, por ejemplo).
Llamaremos **concentración**, en general, a la cantidad de soluto que tiene una solución. No olvidemos que la solubilidad determina la concentración máxima a una temperatura dada.

Para preparar esta solución se introducen 128 gramos de KNO_3 en un vaso de precipitados con menos de 1 litro de agua desionizada, se agita y cuando está disuelta se lleva a un matraz aforado de 1 litro de volumen. Se enrasa el matraz hasta completar el volumen.





Esta solución se prepara disolviendo 1.450 gramos de hidróxido de sodio en 1 litro de agua; esta base es muy corrosiva, en contacto con la piel produce quemaduras. Primero se disuelve en el vaso de precipitados, y como desprende mucho calor hay que enfriarla antes de trasvasarla al matraz aforado. Si se introduce caliente, el vidrio del matraz se dilata y puede cambiar la medida del volumen.



Esta concentración quiere decir que cuando tenemos 100 gramos de solución, 36 gramos son de nitrato sódico y 64 gramos son de agua. Para preparar un litro de esta solución (1.250 gramos) basta con pesar $1.250 \cdot 36\,\% = 450$ gramos de la sal y disolverla en $1.250 - 450 = 800$ cm^3 de agua.

Formas de expresar la concentración

Los términos diluida y concentrada no nos informan acerca de la cantidad exacta de soluto que hay en una solución. Para determinar la cantidad de soluto se han establecido diferentes formas.

- Una de ellas es expresar los gramos de soluto contenidos en 100 g de agua. Pero esta forma se emplea muy poco, solo para medir solubilidades.
- Otra, mucho más utilizada, es el **tanto por ciento en masa** (%), que indica los gramos de soluto que hay contenidos en 100 g de solución.

$$\% \text{ en masa de soluto} = \frac{\text{gramos de soluto}}{\text{gramos de solución}} \cdot 100$$

- Otra forma, también muy utilizada, es la **concentración en gramos partido por litro**. El resultado indica la masa en gramos de soluto contenida en cada litro de solución.

$$\text{concentración en masa} = \frac{m(\text{gramos}) \text{ de soluto}}{V(\text{l}) \text{ de solución}}$$



El agua oxigenada comercial es una disolución de líquido en líquido.

En el SI, la unidad adecuada para expresar la concentración de una solución es el kg/m^3, pero la más utilizada es el g/l.

$$1 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} = \frac{1.000 \text{ g}}{1.000 \text{ l}} = 1 \frac{\text{g}}{\text{l}}$$



CÓMO HACER

- **En 200 g de agua se disuelven 25 g de un soluto. ¿Cuál es el porcentaje en masa de soluto en la solución?**

Masa de la solución:

$$200 \text{ g de solvente} + 25 \text{ g de soluto} = 225 \text{ g}$$

$$\% \text{ en masa de soluto} = \frac{25 \text{ g de soluto}}{225 \text{ g de solución}} \cdot 100 = 11 \%$$

- **La concentración de una solución es 60 g/l. ¿Cuánto soluto hay contenido en 200 cm^3 de esta solución?**

Como necesitamos conocer la masa del soluto por cm^3 de solución, expresamos la concentración en g/cm^3.

$$60 \frac{\text{g}}{\text{l}} \cdot \frac{1 \text{ l}}{1.000 \text{ cm}^3} = 6 \cdot 10^{-2} \text{ g/cm}^3$$

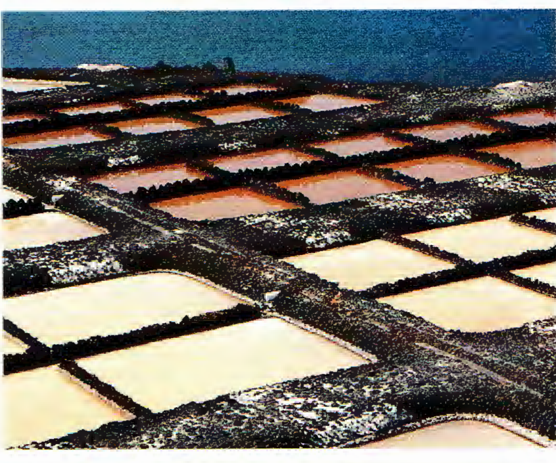
Ahora ya podemos obtener la masa de soluto contenido en 200 cm^3 de solución:

$$6 \cdot 10^{-2} \frac{\text{g}}{\text{cm}^3} \cdot 200 \text{ cm}^3 \text{ de solución} \rightarrow$$

$$\rightarrow \text{masa de soluto} = 12 \text{ g de soluto}$$



El agua del mar es una solución acuosa de sustancias sólidas (como la sal) y gaseosas (como el oxígeno).



El agua retenida en las salinas tiene una elevada concentración en sal marina.

Composición de la materia

El mundo material nos impresiona por la cantidad y variedad de sustancias diferentes que en él podemos distinguir. Existen unas pocas sustancias simples y muchas compuestas.



La materia animal, vegetal y mineral está formada por elementos químicos.

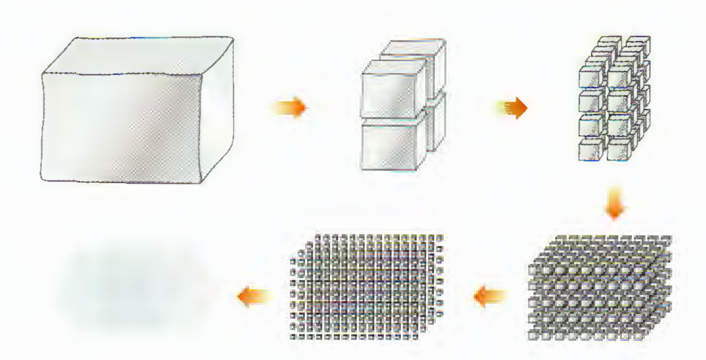
Los elementos químicos

Las investigaciones de físicos y químicos acerca de la composición de la materia nos muestran que hay poco más de un centenar de distintas **sustancias simples**. Entendemos por sustancia simple aquella que está formada por una sola clase de partículas que conservan las propiedades características de esa sustancia. Estas sustancias tienen idéntica constitución en toda su masa y son totalmente homogéneas.

Así, al analizar un cristal de diamante, se comprueba que está formado únicamente por partículas de carbono. Del mismo modo, si observamos con el microscopio metalográfico láminas de oro, se aprecia que sólo hay un componente: oro. Por ello, carbono y oro son sustancias simples.

Hay otras muchas sustancias materiales, formadas por dos o más sustancias simples, que las llamamos **sustancias compuestas**. Por ejemplo, en la electrólisis del agua obtenemos siempre dos sustancias simples: oxígeno e hidrógeno. El agua es, por tanto, una sustancia compuesta. La mayor parte de la materia conocida está formada por sustancias compuestas. En ellas entran dos o más clases de elementos siempre combinados en proporciones exactas y fijas.

Las sustancias simples, como hidrógeno, oxígeno, carbono, silicio..., se pueden dividir en partes cada vez más pequeñas, hasta el momento en que la partícula no puede hacerse más pequeña sin perder sus propiedades características. A esta partícula la llamamos **átomo**.



- **Elemento:** es cada uno de los tipos de sustancias simples posibles en la naturaleza.
- **Átomo:** es la menor porción de un elemento que conserva sus propiedades características.
- **Molécula:** está formada por la unión de varios átomos y es la menor porción de sustancia que conserva sus características propias.

Los compuestos naturales se presentan como tales en la naturaleza, mientras que los compuestos artificiales han sido producidos por las personas en laboratorios, industrias... La química estudia, tanto en unos como en otros, su composición, comportamiento, propiedades, relaciones, etc.



SABÍAS QUE...

Microelementos y dietas

Los elementos hierro, cobre, cinc, yodo y cobalto constituyen el 1 % de la masa corporal. Son esenciales para algunos procesos químicos y funciones biológicas en el ser humano, como el crecimiento, el transporte de oxígeno por la hemoglobina y la defensa contra enfermedades. Una dieta equilibrada nos aporta estas pequeñas cantidades de elementos para mantenernos sanos.



Los símbolos: notación simplificada para cada elemento

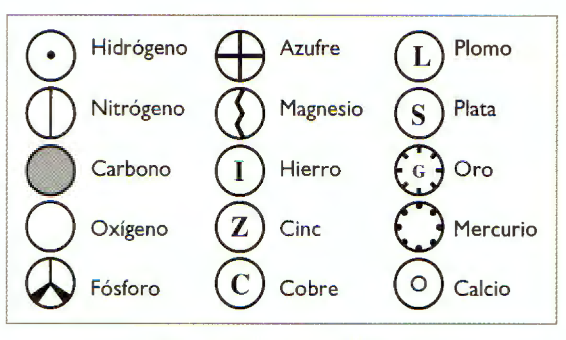
Dalton, a principios del siglo XIX, propuso una serie de símbolos para representar los elementos químicos entonces conocidos.

Esta serie de dibujos se fue complicando a medida que iba creciendo el número de elementos conocidos, de manera que era más difícil recordar su símbolo que su nombre. Se hacía necesario un nuevo método para establecer los símbolos.

Fue el químico sueco Berzelius el que sugirió la simbología que usamos en la actualidad. De manera resumida, esta consiste en lo siguiente:

- Cada elemento químico se representa con un símbolo, que suele ser la inicial de su nombre en mayúscula. Por ejemplo: hidrógeno (H), oxígeno (O)...
- Para subsanar coincidencias entre elementos que empiezan por la misma letra, esta se suele acompañar de la segunda letra en minúscula. Por ejemplo: calcio (Ca), berilio (Be)...

Algunos elementos se nombran en latín o griego, por lo que su símbolo proviene del nombre en esta lengua clásica. Suelen ser, en general, metales conocidos desde la Antigüedad, como, por ejemplo: el hierro, *ferrum* en latín (Fe), o el oro, *aurum* (Au). Se nombran en griego, sobre todo, los gases nobles, como el helio (He).



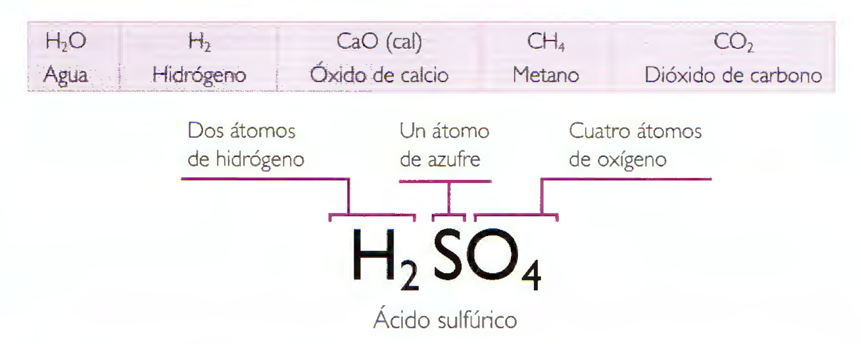
Símbolos utilizados por Dalton.

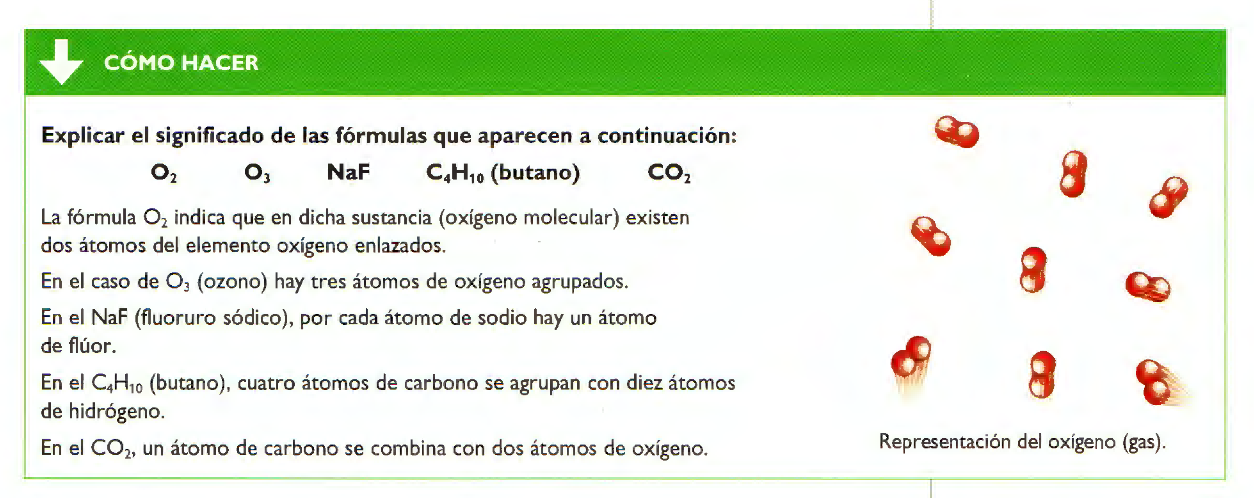
H	Hidrógeno	S	Azufre	Pb	Plomo
N	Nitrógeno	Mg	Magnesio	Ag	Plata
C	Carbono	Fe	Hierro	Au	Oro
O	Oxígeno	Zn	Cinc	Hg	Mercurio
P	Fósforo	Cu	Cobre	Ca	Calcio

Símbolos químicos modernos.

Las fórmulas

Las sustancias se representan mediante fórmulas, que indican el número de átomos de cada clase que la forman o bien la relación entre el número de átomos de cada elemento que interviene en la sustancia.





CÓMO HACER

Explicar el significado de las fórmulas que aparecen a continuación:

O_2 O_3 NaF C_4H_{10} (butano) CO_2

La fórmula O_2 indica que en dicha sustancia (oxígeno molecular) existen dos átomos del elemento oxígeno enlazados.

En el caso de O_3 (ozono) hay tres átomos de oxígeno agrupados.

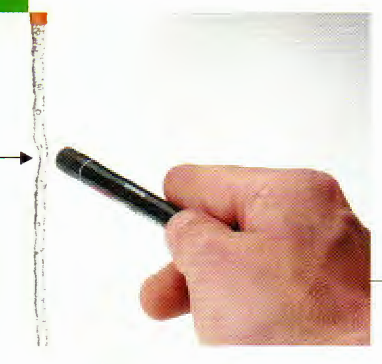
En el NaF (fluoruro sódico), por cada átomo de sodio hay un átomo de flúor.

En el C_4H_{10} (butano), cuatro átomos de carbono se agrupan con diez átomos de hidrógeno.

En el CO_2, un átomo de carbono se combina con dos átomos de oxígeno.

Representación del oxígeno (gas).

Naturaleza eléctrica de la materia



Podemos electrizar un bolígrafo o una regla de plástico frotándolos sobre un jersey de lana.

Si abrimos levemente una canilla y acercamos un bolígrafo o una regla al chorro de agua, observamos cómo el chorro se desvía, acercándose al bolígrafo o a la regla.

En la última década del siglo XIX y comienzos del XX se descubrió que los átomos no son indivisibles, sino que están formados por varios tipos de partículas, diferentes en masa y propiedades.

Electricidad y materia

Muchos fenómenos muestran la relación entre la constitución de la materia y la electricidad:

- Algunos cuerpos al ser frotados adquieren carga eléctrica.
- La corriente eléctrica descompone algunas sustancias en otras más simples (electrólisis).

A partir de estas evidencias se empezó a estudiar la naturaleza eléctrica de la materia. La primera partícula que se descubrió fue el electrón. En 1897, el físico J. J. Thomson (1856-1940) demostró con experiencias basadas en tubos de vidrio y grandes descargas eléctricas, la emisión de partículas cargadas negativamente. A los constituyentes de estas partículas se les denominó **electrones**.

Esta partícula, de masa tan pequeña que se considera despreciable y carga eléctrica negativa, permitió explicar el comportamiento eléctrico de la materia que, curiosamente, ya habían postulado los griegos dos mil años antes.

Por tanto, había que revisar el modelo de átomo indivisible de John Dalton (1766-1844). Si el átomo no era indivisible: ¿cómo era «por dentro»? Si el átomo era eléctricamente neutro y en su interior había cargas negativas, tendría que haber también cargas positivas para neutralizarlas.

Así, en la década de 1910, Ernest Rutherford (1871-1937) descubrió la partícula positiva constituyente de la materia. Se la llamó **protón**. Su masa era dos mil veces la del electrón y tenía exactamente la misma carga, pero de signo positivo.

Podemos concluir que: la materia está constituida por átomos. A su vez, los átomos están formados por electrones y protones. Además, en igual cantidad, para que el átomo sea neutro.

Ahora bien, dado que los electrones tienen masa despreciable, solo con los protones no se consigue toda la masa atómica. ¿De dónde procede, por tanto, el resto de la masa del átomo? Se hace necesaria la existencia de otra partícula subatómica. En 1932, J. Chadwick descubrió el **neutrón**, una partícula con masa apreciable y sin carga eléctrica.



Bola de plasma

Consiste en una bola esférica de vidrio que, al tocarla con los dedos, produce rayos brillantes, debido a que el elevado voltaje del interior arranca los electrones de los átomos del gas que se encuentra en el interior, a baja presión.



¿Falta alguna partícula más por descubrir?

Aunque nosotros trabajaremos con estas tres partículas, electrones, protones y neutrones, como últimos constituyentes del átomo, la subdivisión continúa.

En 1964, Murray Gell-Mann (n. 1929) y George Zweig (n. 1937) propusieron la teoría de los quarks. Esta considera que los constituyentes elementales de la materia son dos docenas de partículas que pueden agruparse en dos familias: los **leptones** y los **quarks**.



El Gran Colisionador de Hadrones (LHC) es el más potente acelerador-colisionador de la actualidad, con el que los científicos buscan encontrar nuevas partículas. Entre ellas, el hipotético bosón de Higgs, que dotaría de masa a la materia.

¿Cómo se distribuyen las partículas para constituir el átomo?

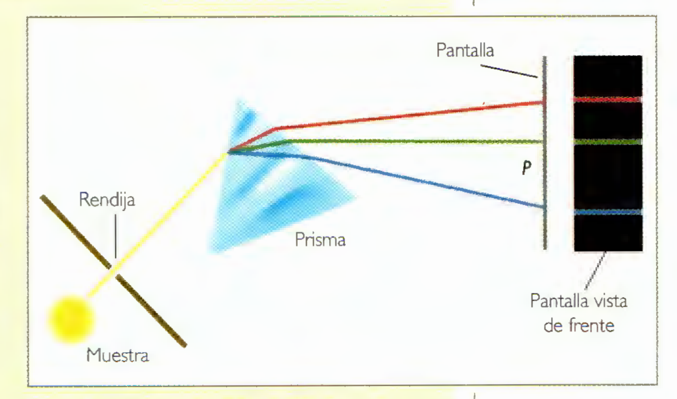
Descubiertas las partículas, los científicos se afanaron en explicar cómo se distribuían estas para constituir el átomo. Esto es, buscaron un modelo atómico. El primer modelo con cierta entidad lo propuso Thomson en 1904. Este ha ido evolucionando hasta llegar al que se acepta en la actualidad, el modelo de la nube de carga o modelo atómico ondulatorio.

PARA SABER MÁS

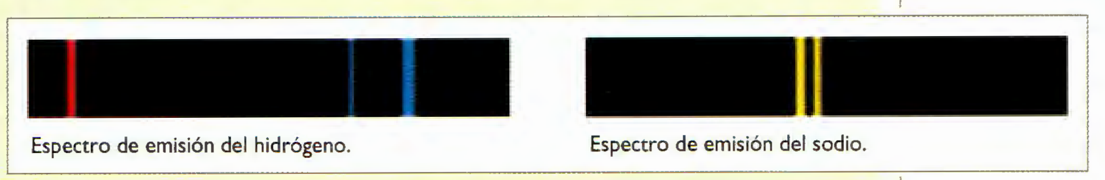
Espectros atómicos

Cuando un elemento en estado gaseoso se calienta o se «excita» por medio de una descarga eléctrica, emite luz. Se sabía que toda emisión de luz proviene de acelerar cargas eléctricas, luego en el interior de los átomos debía haber carga eléctrica que, de alguna manera, se acelerase cuando se excitara un elemento gaseoso mediante algún procedimiento. Por otra parte, si esa luz emitida se hacía pasar por un prisma, se descomponía en radiación luminosa de diferentes colores que podían recogerse en una pantalla (P) en forma de rayas luminosas de distinta intensidad y grosor.

Según el elemento químico con el que estemos trabajando, aparecen unos u otros colores, por lo que al conjunto de rayas (colores) se le denomina **espectro de emisión** de dicho elemento. Así, por ejemplo, el del sodio gaseoso se caracteriza por dos finas líneas amarillas intensas y muy juntas, mientras que el del vapor de hierro incandescente está formado por más de 6.000 líneas brillantes. La existencia de un espectro característico de cada elemento hacía pensar en cargas eléctricas en el interior de los átomos organizadas de forma diferente según el elemento de que se trate.



Formación de un espectro de emisión.

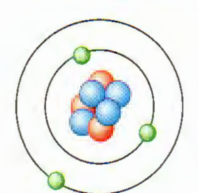
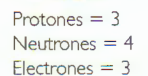


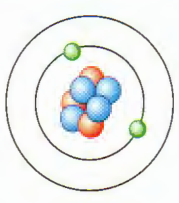
Espectro de emisión del hidrógeno.

Espectro de emisión del sodio.

Número atómico
y masa atómica

En los distintos modelos atómicos, los átomos se diferencian entre sí por el número de protones, neutrones y electrones que contienen. Para identificar el número de estas partículas, se determinan el número másico y el número atómico.



Protones = 3
Neutrones = 4
Electrones = 2

El átomo de la izquierda tiene 3 protones, 4 neutrones y 3 electrones. Es neutro. El de la derecha tiene 3 protones, 4 neutrones y 2 electrones. Es un ion positivo.

Elemento	Símbolo	Masa (u)
Aluminio	Al	27,0
Azufre	S	32,0
Calcio	Ca	40,1
Carbono	C	12,0
Cloro	Cl	35,5
Cobre	Cu	63,5
Hidrógeno	H	1,0
Hierro	Fe	55,8
Magnesio	Mg	24,3
Mercurio	Hg	200,5
Nitrógeno	N	14
Oxígeno	O	16
Plomo	Pb	207,2
Potasio	K	39,1
Sodio	Na	22,9
Cinc	Zn	65,4

1 u = 1 unidad de masa atómica.

El número másico y el número atómico

Un átomo suele definirse mediante dos números:

- El **número atómico**, Z, es el número de protones que tiene un átomo. Como el átomo es neutro, el número de protones coincide con el número de electrones.

  Z = número de protones = número de electrones (para un átomo)

- Se llama **número másico**, A, al número de partículas que tiene un átomo en su núcleo. Es la suma de los protones y los neutrones.

  A = número de protones + número de neutrones

La relación existente entre ellos es:

número másico = número atómico + número de neutrones

$$A = Z + N$$

El valor de A es útil, pero no nos dice de qué elemento se trata. Lo que realmente identifica el átomo de cada elemento es Z, el número de protones.

Representación abreviada de los átomos

A cada clase de átomo diferente se le llama elemento químico.

¿Cómo sabemos si dos átomos son del mismo o de diferente elemento? Si dos átomos tienen el mismo número atómico, esto es, el mismo número de protones en su núcleo, podemos afirmar que son de la misma clase; es decir, del mismo elemento. Por tanto, **lo que define a cada elemento es el número atómico**.

Para indicar los números atómico y másico de un elemento de manera abreviada se suele representar el número atómico como un subíndice a la izquierda del símbolo. El número másico como un superíndice, también a la izquierda.

N.° másico → $^{12}_{6}C$ —— Símbolo
N.° atómico →

El tamaño de los átomos

El angstrom (Å) vale 0,0000000001 m (10^{-10} m). Con esta unidad se miden los radios nuclear y atómico:

- Radio nuclear (r_N) ≈ 10^{-4} Å.
- Radio atómico (r_A) ≈ 1 Å.

La masa atómica

Ya hemos identificado el número de partículas en un átomo, pero ¿cuál es su masa? ¿En qué unidad se puede medir?

Expresar las masas de los átomos en gramos no parece útil, ya que es una unidad demasiado grande para una partícula tan pequeña; por eso se definió una nueva unidad, la unidad de masa atómica (u).

La unidad de masa atómica (u) equivale a la doceava parte (1/12) de la masa del átomo de carbono-12. La unidad de masa atómica es prácticamente la masa de un protón.

Partícula	Carga (e^-)	Masa (kg)
Protón	+1	$1{,}6725 \cdot 10^{-27}$
Neutrón	0	$1{,}6748 \cdot 10^{-27}$
Electrón	−1	$9{,}1096 \cdot 10^{-31}$

Masas y cargas de los constituyentes del átomo, tomando como unidad de carga eléctrica la del electrón, $e = 1{,}6 \cdot 10^{-19}$ C.

La ionización

En la naturaleza también existen partículas de tamaño atómico pero con carga eléctrica. Por tanto, no son átomos que, por definición, son neutros. Estas partículas reciben el nombre de iones. Pueden ser **iones positivos** o **cationes** o **iones negativos** o **aniones**.

¿Cómo se forma un ion? La parte más externa y voluminosa del átomo la determinan los electrones. Es lógico pensar que para formar un ion a partir de un átomo sea el número de electrones lo que varíe.

- Para formar un ion negativo o anión, un átomo debe tomar algún electrón del entorno; así, tendrá más cargas negativas que positivas, más electrones que protones, y, por tanto, no será neutro.

  Si toma un electrón, se formará un anión con una carga negativa o monovalente; si toma dos, tendrá dos cargas negativas y será divalente; en general:

  $$X + n\,e^- \Rightarrow X^{n-}$$

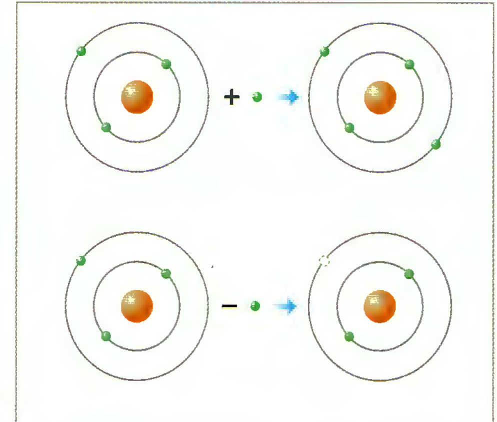
- Para obtener un ion positivo o catión, un átomo debe perder algún electrón; así, tendrá más cargas positivas que negativas, más protones que electrones, y, por tanto, no será neutro.

  Si pierde un electrón se formará un catión con una carga positiva o monovalente; si pierde dos, tendrá dos cargas positivas y será divalente; en general:

  $$X - n\,e^- \Rightarrow X^{n+}$$

Los iones se representan con el mismo símbolo que el elemento del que provienen indicando el número de cargas y el signo de estas con un superíndice a la derecha.

Así, por ejemplo, el ion yoduro, I^-, tiene una carga negativa por tener un electrón de más, mientras que el ion Ca^{2+} tiene dos cargas positivas por tener dos electrones de menos.



Formación de iones.

CÓMO HACER

- **Indicar cuántos protones, electrones y neutrones tiene el átomo $^{13}_{6}C$.**
  - 13 es *A*, el número másico, que indica cuántos protones más neutrones hay en el núcleo.
  - 6 es *Z*, el número atómico, que indica el número de protones que hay en el núcleo.

  Como el átomo es neutro, tiene el mismo número de protones que de electrones. Para saber el número de neutrones, basta con restar al número másico el número atómico. Por tanto, en el $^{13}_{6}C$ hay 6 protones, 7 neutrones y 6 electrones.

- **Si el elemento $^{27}_{13}X$ forma un anión divalente, ¿cuántos protones, neutrones y electrones tendrá? ¿Y si forma un catión trivalente?**

  El número atómico es 13, y el número másico, 27, por lo que los átomos de este elemento tienen 13 protones, 13 electrones y 14 neutrones. Cuando se forme un ion, lo único que variará será el número de electrones.

  El anión divalente tiene dos cargas negativas; es decir, tiene dos electrones más, resultando: 13 protones, 15 electrones y 14 neutrones.

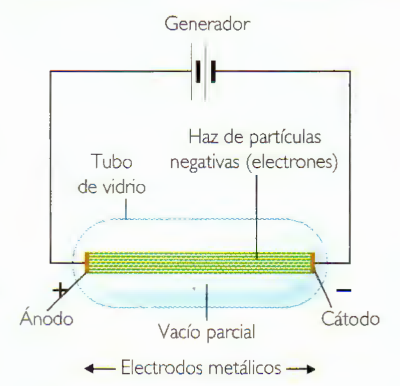
  El catión trivalente tiene tres cargas positivas; por tanto, tiene tres electrones menos, en consecuencia: 13 protones, 10 electrones y 14 neutrones.

Modelos atómicos

¿Cómo son los átomos por dentro? Ante la imposibilidad de poder examinar su interior, se hizo necesario crear los modelos atómicos para imaginarnos su constitución. Un modelo atómico es una reproducción ideal del átomo.

El experimento de Thomson

J. J. Thomson demostró en 1897 la existencia de partículas cargadas negativamente, los electrones, al estudiar los rayos catódicos. Además, determinó la relación entre la carga y la masa de los electrones, demostrando que esta relación era constante e independiente del material utilizado.

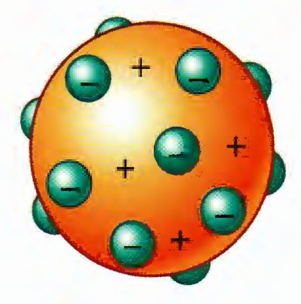


Esquema del experimento de Thomson.

El modelo atómico de Thomson

J. J. Thomson, después de medir las características del electrón, intuyó la existencia de carga positiva en el átomo, dada la neutralidad de la materia. Propuso un modelo de átomo que consistía en una esfera maciza cargada positivamente, en la que se hallaban incrustados los electrones, con carga negativa, como si fuera «un pastel esférico, relleno de pasas».

Este primer modelo atómico fue aceptado por la comunidad científica.



El primer modelo atómico: el modelo de Thomson.

? SABÍAS QUE...

Televisores en color



La imagen en los televisores y en los monitores de tubos de rayos catódicos (CRT) se forma cuando un haz de electrones choca contra una pantalla recubierta de puntos fosforescentes que producen destellos luminosos que originan la imagen.

+ PARA SABER MÁS

Rayos X y escáner

Los rayos X fueron descubiertos por W. Conrad Roentgen (1845-1923) en 1895 mientras estudiaba las propiedades de los rayos catódicos. Se producen cuando se bombardea en un tubo de vacío la superficie del ánodo por una corriente de electrones que salen del cátodo. Se utilizan para el estudio del interior del cuerpo (fracturas óseas, caries dentales). El escáner de rayos X, ideado por G. Newbold en 1965, tiene mayor poder de resolución y muestra más detalles.

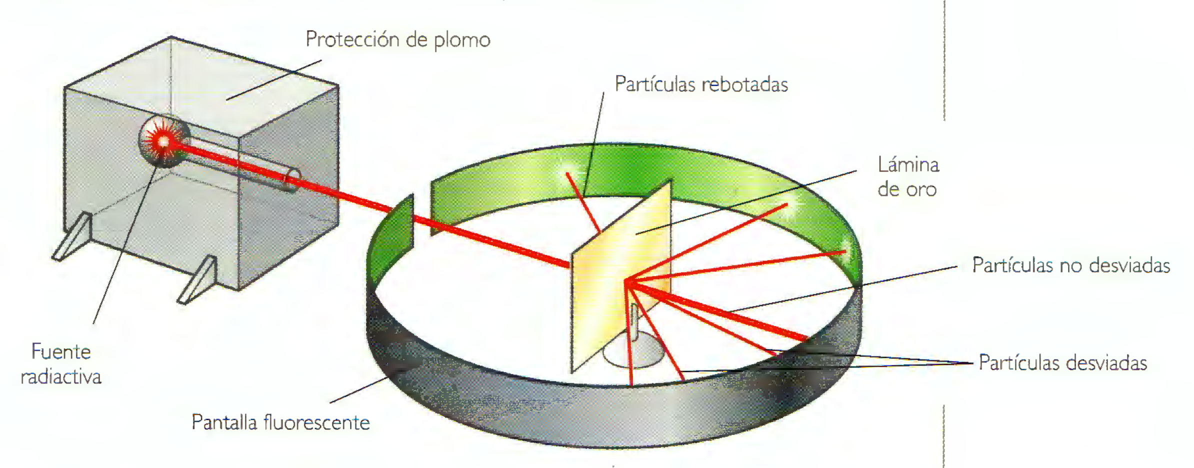
Se utiliza en aeropuertos, consignas de equipajes y a la entrada de cualquier edificio en el que se desee detectar la presencia de armas o explosivos.



Experiencia de Rutherford

La experiencia de E. Rutherford, en 1911, consistía en bombardear con partículas alfa (partículas positivas) una finísima lámina de oro; detrás de la lámina se colocaba una placa fotográfica para estudiar las trayectorias de las partículas. Ocurría lo siguiente:

1. La mayoría de las partículas atravesaba la lámina de oro sin desviarse.
2. Una pequeña proporción atravesaba la lámina con una ligera desviación en su trayectoria.
3. Solo una de cada 10.000 partículas rebotaba y no atravesaba la lámina.



El espesor de la lámina en el experimento de Rutherford era de unos 0,0005 mm; es decir, unos 400 átomos de oro seguidos.

El modelo de Rutherford

Basándose en su experimento, Rutherford estableció el siguiente modelo atómico:

El átomo está formado por un núcleo y una corteza:

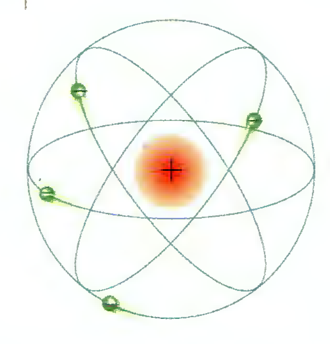
- En el núcleo se concentra la carga positiva (protones) y la mayor parte de la masa del átomo.
- En la corteza, girando alrededor del núcleo, los electrones. Esta zona ocupa la mayor parte del volumen atómico.

La explicación de este modelo para la experiencia del bombardeo de partículas alfa a una lámina de oro es la siguiente:

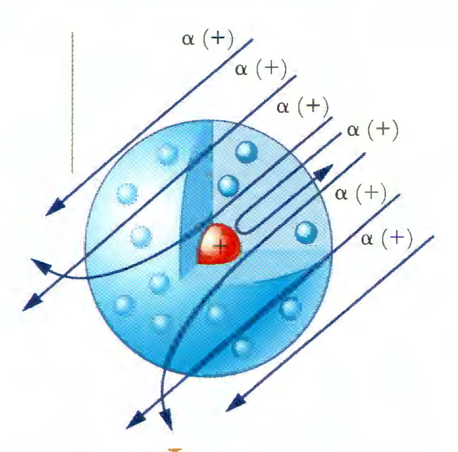
1. La mayoría de las partículas atravesaban la lámina de oro sin desviarse. Esto era así porque el átomo está prácticamente vacío; solo había algunos electrones girando alrededor del núcleo y la masa de los electrones es muy pequeña.
2. Una pequeña proporción atravesaba la lámina con una ligera desviación en su trayectoria. Las partículas que se desviaban eran las que pasaban cerca del núcleo, se repelían (ambas tienen carga positiva) y sufrían una pequeña desviación.
3. Solo una de cada 10.000 partículas rebotaba y no atravesaba la lámina. Las partículas que rebotaban eran repelidas por el núcleo. El tamaño del núcleo era muy pequeño comparado con el tamaño total del átomo, unas 10.000 veces más pequeño.

Un poco después, en 1920, Rutherford propuso la existencia de otra partícula en el núcleo. La denominó neutrón, tendría la masa del protón y carecía de carga. La evidencia experimental de esta partícula no se tuvo hasta 1932 con los experimentos de Chadwick.

Este modelo explica perfectamente la experiencia de Rutherford; sin embargo, sería imposible explicar con el modelo de Thomson por qué la mayoría de los protones atraviesan la lámina de oro.



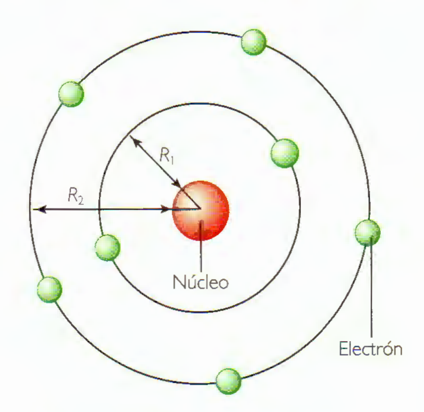
Modelo atómico de Rutherford.



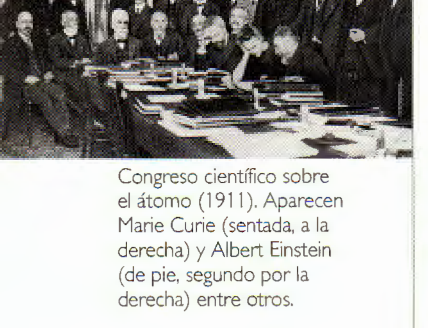
En este esquema se observa que el átomo tiene una región muy pequeña cerca del núcleo en la que las partículas se desvían.

El modelo de Bohr

Cuando Rutherford enunció su modelo, no tuvo en cuenta algunos trabajos publicados por sus contemporáneos y que ponían en evidencia ciertos aspectos negativos de su teoría. El principal inconveniente del modelo de Rutherford radica en que si los electrones, que son partículas cargadas, están girando alrededor del núcleo, van perdiendo energía y acabarían precipitándose sobre él en un tiempo muy pequeño (una fracción de segundo).



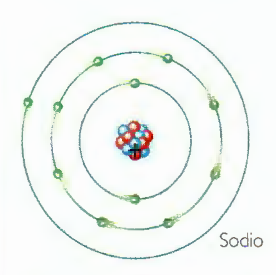
En la teoría de Bohr, los electrones dan vueltas alrededor del núcleo, pero no lo pueden hacer a cualquier distancia de este. Las órbitas, admitidas circulares en principio, tienen unos radios, *R*, permitidos y otros prohibidos.

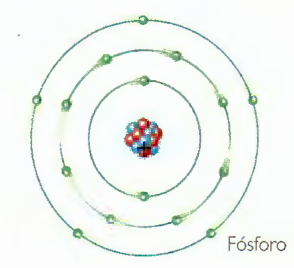


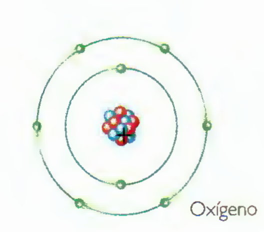
Congreso científico sobre el átomo (1911). Aparecen Marie Curie (sentada, a la derecha) y Albert Einstein (de pie, segundo por la derecha) entre otros.

Basándose en algunas experiencias de sus colegas, como el efecto fotoeléctrico, la teoría cuántica de Planck y Einstein (según la cual la energía de un sistema no puede aumentar o disminuir de forma continua, sino a saltos muy pequeños o «cuantos» de energía) y los espectros atómicos, Niels Bohr (1885-1962) propuso un modelo atómico, compuesto por núcleo y corteza. Al igual que en el modelo de Rutherford, el átomo también tenía un núcleo positivo y los electrones giraban en torno a él, pero lo hacían en unas órbitas circulares, donde no emiten ni absorben energía. A estas «órbitas permitidas» se les llamó **niveles de energía**.

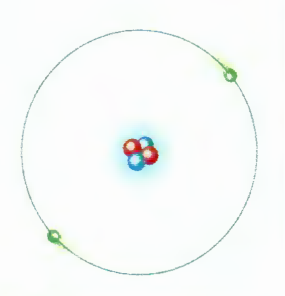
Más tarde, Arnold Sommerfeld (1868-1951), en una ampliación del modelo de Bohr, supuso que las órbitas también podían ser elípticas.







Representación de las órbitas permitidas de Bohr para los átomos de sodio, fósforo y oxígeno. La estructura de los núcleos no se ha representado para no complicar el dibujo.



Modelo de Bohr para el átomo de helio (2 protones y 2 neutrones en el núcleo y 2 electrones en la corteza).

LECTURA

La «lentitud» de Niels Bohr

«La misma lentitud (que Bohr manifestaba en otras ocasiones) de reacción mostraba en sus reuniones científicas. Muchas veces, un joven físico visitante hablaba brillantemente de sus recientes cálculos sobre algún intrincado problema [...]. Todo el mundo, en el público, comprendía claramente el razonamiento menos Bohr. Así, todo el mundo empezaba a explicarle el sencillo punto en que se había equivocado, y en la barahúnda que se producía todo el mundo terminaba sin comprender nada. Por último, después de mucho tiempo, Bohr comenzaba a comprender y resultaba que lo que él había comprendido [...] era absolutamente distinto de lo que el visitante pensaba, y eso era lo correcto, mientras que la interpretación del visitante estaba equivocada.»

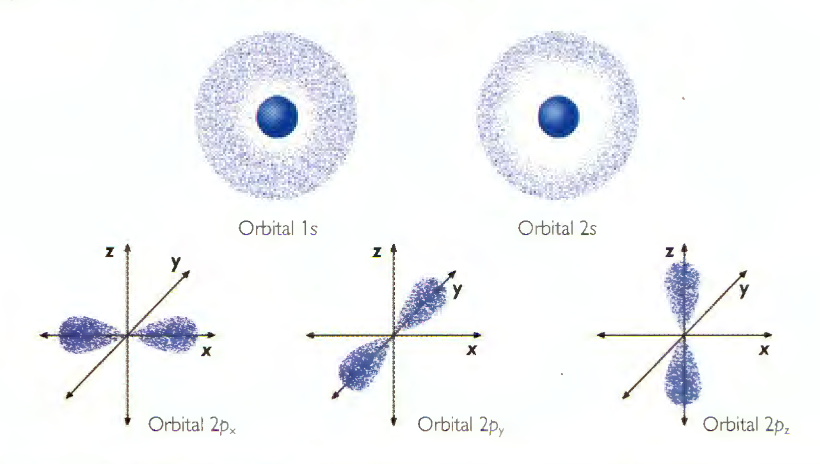
G. Gamow. **Biografía de la Física.**

El modelo actual

El modelo atómico de Bohr es muy útil, pero la ciencia va evolucionando y experiencias posteriores llevaron a abandonar la idea de las órbitas estacionarias de Bohr, que se regían según las leyes de la mecánica clásica, para establecer una nueva mecánica; la mecánica cuántica. Sus padres fueron: Werner Karl Heisenberg (1901-1976), Erwin Schrödinger (1887-1961) y Paul Dirac (1902-1984).

Se abandonó el concepto de órbita estacionaria, debido fundamentalmente a que no se puede determinar con precisión la posición exacta de un electrón en un determinado instante.

En la mecánica cuántica se define el **orbital** como una zona del espacio donde la probabilidad de encontrar al electrón es máxima.



Representación de algunos orbitales. Los puntitos representan la zona orbital de máxima probabilidad de encontrar al electrón.

Partículas con carga eléctrica y emisión de energía

Cuando una partícula con carga eléctrica se mueve en una trayectoria curva, emite energía en forma de ondas electromagnéticas.

Las partículas neutras no emiten esta energía, aunque sigan trayectorias curvas (circulares, elípticas, etc.).

Conocimiento sobre la constitución de la materia

Científico/s, fecha	Avance
Leucipo y Demócrito, siglo V a.C.	Teoría atomística: partículas muy pequeñas, «átomos».
Empédocles, siglo V a.C.	Materia formada por cuatro elementos (agua, tierra, aire y fuego).
Aristóteles, siglo IV a.C.	Añadió un quinto elemento que venía del cielo, el éter.
J. Dalton, 1803	Teoría atómico-molecular. La teoría de Dalton es una teoría científica, frente a las especulaciones de los filósofos griegos.
J. J. Thomson, 1897	Modelo atómico «pastel de pasas». Descubrimiento del electrón.
E. Rutherford, 1911	Modelo planetario para el átomo. Descubrimiento del protón. La mayor parte del átomo está vacía: las cargas positivas se sitúan en la parte central: el núcleo.
N. Bohr, 1913	Modelo de niveles de energía basado en la teoría cuántica y en los espectros. Los electrones se sitúan en torno al núcleo en diferentes capas o niveles.
A. Sommerfeld, 1916	Órbitas elípticas, introducción de los subniveles de energía.
L. de Broglie, 1924	Modelo onda-partícula para el electrón. Toda partícula lleva asociada una onda.
W. K. Heisenberg, 1926	Principio de incertidumbre. Es imposible conocer simultáneamente la posición y la velocidad de una partícula.
E. Schrödinger, 1927	Ecuación de onda para el electrón. Mecánica cuántica ondulatoria.
J. Chadwick, 1932	Descubrimiento del neutrón. El átomo queda definitivamente al descubierto.

Isótopos

La observación y análisis de las características de muchos elementos ha llevado a la conclusión de que algunos átomos del mismo elemento tienen diferente número de neutrones y, por ello, diferente número másico.



Estannina. El estaño presenta diez isótopos en la naturaleza.

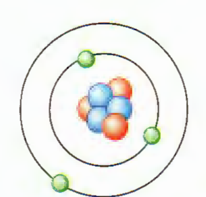
	N.º de protones	N.º de neutrones	N.º de electrones
$^{1}_{1}H$	1	0	1
$^{2}_{1}H$	1	1	1
$^{3}_{1}H$	1	2	1
$^{12}_{6}C$	6	6	6
$^{13}_{6}C$	6	7	6
$^{14}_{6}C$	6	8	6

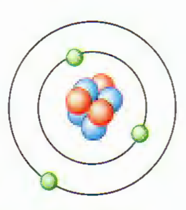
Isótopos del hidrógeno y del carbono.

¿Qué es un isótopo?

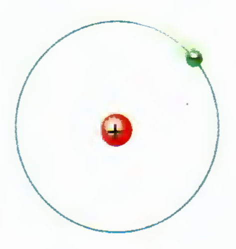
Los isótopos son átomos del mismo elemento que tienen diferente número de neutrones en el núcleo. Tienen el mismo número atómico, es decir, idéntico número de protones y, como son neutros, el mismo número de electrones. Sin embargo, tienen diferente cantidad de neutrones y, en consecuencia, distinto número másico.

Todos los isótopos de un elemento presentan las mismas propiedades químicas, ya que estas están relacionadas con el número de electrones. Por el contrario, tienen diferentes algunas propiedades físicas, como, por ejemplo, la masa o la capacidad de desintegrarse radiactivamente.

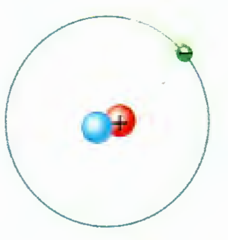




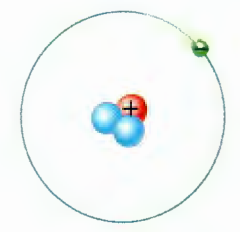
El átomo de litio (Li) se presenta en dos variedades. Los dos tienen el mismo número de protones y electrones (3), pero el de la izquierda tienen 3 neutrones, y el de la derecha, 4.



Hidrógeno $^{1}_{1}H$
1 protón
1 electrón



Deuterio $^{2}_{1}H$
1 protón
1 electrón
1 neutrón



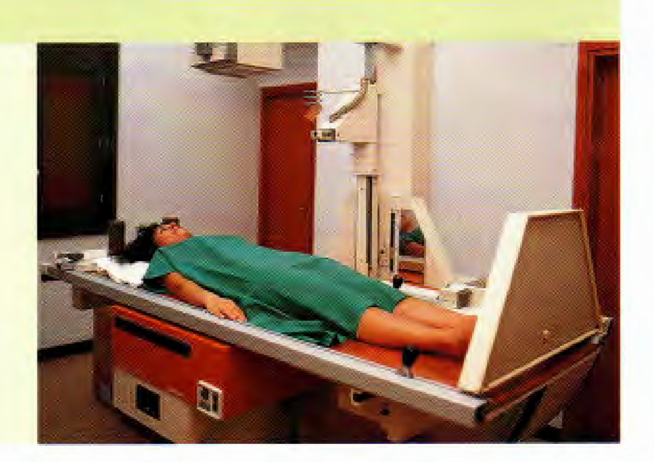
Tritio $^{3}_{1}H$
1 protón
1 electrón
2 neutrones

Isótopos del hidrógeno.

? SABÍAS QUE...

Isótopos radiactivos

Las aplicaciones de los isótopos radiactivos son muy variadas. En medicina, para realizar diagnósticos (captación del yodo por la glándula tiroides) y con fines terapéuticos (bomba de cobalto para destruir células cancerosas). En biología, para seguir la trayectoria de sustancias en seres vivos y para realizar la datación de fósiles. En la industria, para detectar defectos y grietas en estructuras metálicas, para esterilizar organismos patógenos en los alimentos, y para erradicar plagas agrícolas. También se utilizan para descubrir falsificaciones artísticas o históricas.



Abundancia relativa de los isótopos naturales de algunos elementos				
Elemento	Isótopo	Masa (u)	Abundancia (%)	Masa atómica (u)
Hidrógeno	^{1}H	1,007825	99,985	1,00798
	^{2}H	2,0140	0,015	
Boro	^{10}B	10,0129	19,78	10,812
	^{11}B	11,00931	80,22	
Carbono	^{12}C	12,0000	98,89	12,01114
	^{13}C	13,00335	1,11	
Nitrógeno	^{14}N	14,00307	99,63	14,0067
Oxígeno	^{16}O	15,99491	99,759	15,9994
	^{17}O	16,99884	0,037	
	^{18}O	17,9972	0,204	
Neón	^{20}Ne	19,99244	89,97	20,190
	^{21}Ne	20,99385	0,30	
	^{22}Ne	21,99138	9,73	
Cloro	^{35}Cl	34,96885	75,53	35,457
	^{37}Cl	36,96600	24,47	
Estaño	^{112}Sn	111,904826	0,97	118,710
	^{114}Sn	113,902784	0,66	
	^{115}Sn	114,903348	0,34	
	^{116}Sn	115,901747	14,54	
	^{117}Sn	116,902956	7,68	
	^{118}Sn	117,901609	24,22	
	^{119}Sn	118,903311	8,59	
	^{120}Sn	119,902199	32,58	
	^{122}Sn	121,903440	4,63	
	^{124}Sn	123,905274	5,79	



CÓMO HACER

- **¿Cuántos protones, electrones y neutrones tiene el isótopo 29 del elemento $^{27}_{13}X$?**

El isótopo 29 de este elemento tiene el mismo número de electrones y protones; esto es, 13. Difiere en el número de neutrones que, en este caso, es: 29 − 13 = 16 neutrones.

- **El boro se presenta en la naturaleza en forma de dos isótopos: uno de masa atómica 10 y otro de masa atómica 11. Si la masa atómica del boro es 10,8, determinar la proporción en que se encuentran ambos isótopos.**

Se realiza una media ponderada:

$$m_B = \frac{10x + 11 \cdot (100 - x)}{100} = 10{,}8 \rightarrow x = 20$$

Por tanto, habrá un 20 % de ^{10}B y un 80 % de ^{11}B.

- **El magnesio tiene tres isótopos estables (es decir, que no son radiactivos), cuyas masas atómicas son 24, 25 y 26, respectivamente.**

Las abundancias relativas de estos isótopos son las siguientes:

$^{24}_{12}Mg \rightarrow 78{,}7\,\%$; $^{25}_{12}Mg \rightarrow 10{,}13\,\%$; $^{26}_{12}Mg \rightarrow 11{,}17\,\%$

a) Calcular la masa atómica del magnesio.

b) ¿Cuál de los tres isótopos de magnesio tiene una masa atómica más parecida a la masa atómica del magnesio? ¿Por qué?

a) $m_{Mg} = 24 \cdot \frac{78{,}7}{100} + 25 \cdot \frac{10{,}13}{100} + 26 \cdot \frac{11{,}17}{100} = 24{,}32$ u

b) El $^{24}_{12}Mg$, porque es el más abundante.

Radiactividad

En 1896, Henri A. Becquerel (1852-1908) descubrió que un mineral de uranio emitía continuamente una radiación desconocida, muy penetrante. Este fenómeno fue bautizado por los esposos Curie con el nombre de radiactividad.

Mineral de uranio.

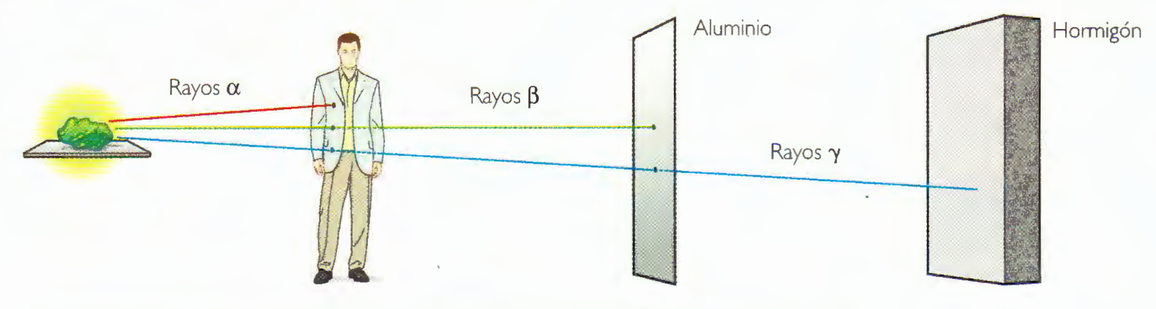
¿Qué es la radiactividad?

Cuando la radiactividad se estudió detenidamente, se observó que en realidad se emitían tres clases de radiaciones. Fueron llamadas rayos alfa, rayos beta y rayos gamma.

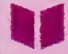
El propio Becquerel descubrió que los rayos beta eran chorros formados por los ya conocidos electrones. Sin embargo, las partículas que constituían los rayos alfa tenían una masa mucho mayor que los electrones, pero bastante más pequeña que la masa de la mayoría de los átomos. De hecho, podían penetrar la materia como no pueden hacerlo los átomos.

Los rayos gamma no poseían masa ni carga, pero su energía era superior a la de los rayos alfa y beta.

Radiación	Partícula	Masa	Carga	Energía asociada
α (alfa)	Núcleo de helio	4 u	+2	Baja
β (beta)	Electrón	0,000549 u	−1	Mediana
γ (gamma)	Fotón	Nula	Ninguna	Altamente energética



Los rayos γ son más penetrantes que los rayos β; y estos, a su vez, más penetrantes que los rayos α.



LECTURA

El descubrimiento de la radiactividad

Henri A. Becquerel sabía que la fluorescencia producida en un tubo de vacío por el impacto de los electrones, o rayos catódicos, estaba relacionada con los rayos X. Por ello, se dedicó a comprobar si otras sustancias fluorescentes podían originar también la misma radiación. En su época se sabía ya que las sales de uranio emitían luz en la oscuridad cuando se las exponía previamente a la misma.

Colocó uno de esos minerales fosforescentes sobre una placa fotográfica envuelta en un papel oscuro y la expuso a la luz. Cuando reveló la placa, se veía el contorno de los cristales del mineral sobre la película.

Intentó repetir el ensayo, pero alguien le llamó cuando iba a hacerlo, y dejó el mineral sobre otra placa en un sitio oscuro. A pesar de no haber luz, al revelar la placa encontró el mismo contorno que en el experimento anterior.

Este hecho accidental le permitió demostrar que el mineral de uranio emitía rayos semejantes a los rayos X, además de la luz fosforescente.

PARA SABER MÁS

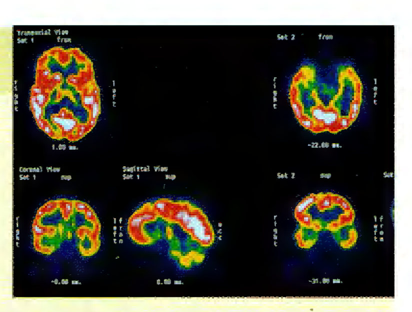
Aplicaciones de la radiactividad

Las sustancias radiactivas se caracterizan por sus períodos de semidesintegración: tiempo que tarda una cantidad inicial de la sustancia en reducirse a la mitad. Estos períodos son muy diferentes de unos elementos a otros. El carbono 14 (^{14}C), que tiene un período de 5.730 años, está presente en todos los seres vivos y se desintegra tras su muerte. Por eso basta con conocer la cantidad de ^{14}C en un resto para determinar su edad.

El potasio 40 (^{40}K) tiene un período de semidesintegración bastante mayor (unos 1.300 millones de años). Se utiliza para determinar la edad de algunas rocas.

Dentro de la investigación que se lleva a cabo para mejorar la alimentación de las plantas han sido utilizados fertilizantes marcados con isótopos radiactivos, observando después con un detector si la radiactividad aparece en las hojas.

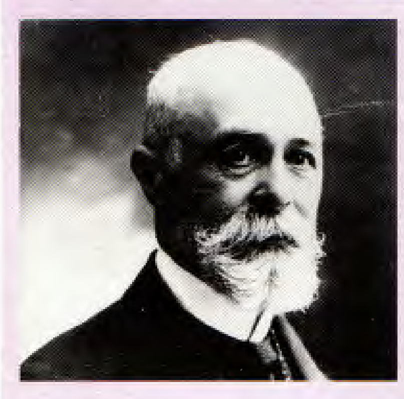
También se ha utilizado la radiactividad en la conservación de alimentos vegetales (destruyendo los microorganismos que pudieran contener). De esta forma se ha logrado conservar papas durante más de un año, manteniendo intactas todas sus propiedades.



Las radiaciones ionizantes. Las personas que trabajan con equipos de rayos X, en centrales nucleares, etc., están expuestas a los peligros de las llamadas radiaciones ionizantes, formadas por partículas que pueden provocar daños en el organismo. Por ello utilizan protecciones con pantallas de plomo y se someten a controles médicos periódicos.

BIOGRAFÍA

Tres personajes en el descubrimiento de la radiactividad



Henri A. Becquerel.

Henri A. Becquerel (1852-1908). Notable físico e ingeniero de caminos francés. Fue hijo y nieto de físicos. Ejerció como profesor desde 1895 en la Escuela Politécnica de París.
En 1903 recibió el Nobel de Física, premio que compartió con los esposos Curie. Sus estudios sobre las sales de uranio y los rayos X le condujeron de forma accidental a descubrir la radiactividad.

Pierre Curie (1859-1906). Fue un señalado físico e investigador francés. Estudió las propiedades eléctricas y magnéticas de los cuerpos y, desde 1896, en colaboración con su esposa, los fenómenos de la radiactividad. Profesor en la Escuela de Física y Química de París en 1904, fue nombrado profesor de la Sorbona (Universidad de París). Atropellado por un coche de caballos el 19 de abril de 1906, murió en el acto.
En 1903 recibió, conjuntamente con su esposa, el premio Nobel de Física, compartido con Becquerel.

Marie (Sklodowska) Curie (1867-1934). Hija de un profesor de Física, nació en Varsovia bajo la dominación rusa. Al terminar sus estudios de bachillerato da clases como institutriz, pero en 1891, impulsada por su vocación científica, marcha a París para estudiar Ciencias.

En 1893 termina con el número uno la licenciatura en Físicas. Mientras prepara la licenciatura en Matemáticas, que alcanzó en 1894, entra en el laboratorio de Pierre Curie, trabajando sobre la imantación de aceros. En julio de 1895 se casa con Pierre Curie. Elige como tesis doctoral el estudio de los rayos Becquerel y, junto con su esposo, descubre el polonio y el radio, leyendo en 1903 su tesis. Desde 1900 fue profesora de la Escuela Normal Femenina de Sevres, y a la muerte de su esposo ocupa la cátedra que él deja en la Sorbona, siendo la primera mujer catedrático de la historia francesa. Sigue investigando sobre la radiactividad y dirige desde 1914 el Instituto del Radio. Recibe distinciones y honores de todos los países y en 1911 le conceden el premio Nobel de Química, siendo la única mujer que lo ha obtenido por dos veces. Marie Curie fallece el 4 de julio de 1934 de leucemia, que contrajo por su exposición a la radiación.



Pierre y Marie Curie.

La tabla periódica de los elementos

A medida que el número de elementos químicos conocidos aumentaba, se hacía más necesario estructurar este conocimiento de una manera racional. Desde comienzos del siglo XIX, los científicos fueron proponiendo diferentes sistemas para agruparlos de una forma sistemática que facilitara su estudio.



Berzelius clasificó los elementos químicos en metales y en no metales.

Evolución de la clasificación de los elementos químicos

Las primeras clasificaciones de los elementos químicos atendían a criterios puramente alfabéticos o a la diferenciación entre metales y no metales.

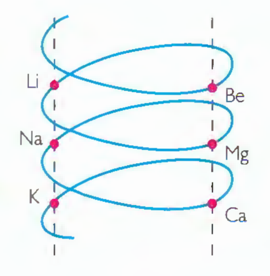
El primer esquema de clasificación de los elementos lo realizó Berzelius en 1813. Dividió los elementos naturales en dos grandes grupos: **metales** y **no metales**. Los elementos metálicos eran los que tenían cierto brillo característico, eran maleables y dúctiles, y conducían el calor o la electricidad. Los no metales eran los que tenían diversos aspectos físicos y no conducían el calor ni la electricidad.

En la década de 1820, el químico alemán Döbereiner estableció un primer intento de clasificación sistemática de los diferentes elementos químicos, agrupándolos de tres en tres, las llamadas tríadas. En estas, el elemento central tenía una masa atómica cercana a la media aritmética de la de los extremos. Solo consiguió ordenar nueve elementos, pero su trabajo dio la pista para seguir con las investigaciones.

En el período 1830-1860, el químico francés Jean-Baptiste Dumas, clasificó a los elementos en metales y metaloides, estableciendo cinco familias: H, F, O, N y C.

En 1862, el francés Alexander B. de Chancourtois (1820-1886) construyó su «anillo telúrico», en el que los elementos estaban situados por orden creciente de peso atómico en una hélice, cuyos puntos diferían en 16 unidades.

Chancourtois dispuso, tal y como están en el dibujo, los elementos litio (Li), sodio (Na) y potasio (K), cuyas propiedades son muy similares. Lo mismo hizo con los elementos berilio (Be), magnesio (Mg) y calcio (Ca).



Anillo telúrico de Chancourtois.

En 1865, el químico británico John A. Newlands (1837-1898) ordenó los elementos en orden creciente de pesos atómicos, observando que el octavo elemento se parecía al primero, el noveno al segundo, y así sucesivamente: ley de las octavas. El problema era que en algunas filas los elementos eran muy dispares, y que no había lugar para los elementos descubiertos recientemente.

El químico alemán J. Lothar Meyer (1830-1895) modificó la ordenación teniendo en cuenta también los volúmenes atómicos.

Fue el químico ruso D. I. Mendeléiev (1834-1907) quien publicó en 1870 la tabla precursora de la actual, que seguía las ideas de Newlands en la disposición de los elementos en orden creciente de los pesos atómicos, pero perfeccionada en:

- Si un elemento no encajaba según su peso atómico, dejaba un hueco vacío para un nuevo elemento. Por ejemplo, no existía ningún elemento que encajara debajo del silicio. Por tanto, se dejó un espacio para un nuevo elemento, al que se le dio el nombre de ekasilicio.



Dimitri I. Medeléiev. Cuando elaboró su tabla periódica, Mendeléiev dejó algunos huecos.

- Se llevó a cabo un estudio sobre los pesos atómicos conocidos hasta entonces, realizándose una nueva determinación de los pesos ya conocidos que ofrecían duda sobre su precisión.
- Para evitar la colocación de metales –como vanadio, cromo y magnesio– debajo de no metales –como fósforo, azufre y cloro–, se formaron períodos largos para los elementos conocidos actualmente como metales de transición.
- Se predijeron las propiedades de los elementos aún sin descubrir, a partir del comportamiento repetitivo que periódicamente se observa en la tabla. Un ejemplo muy claro es la comparación de propiedades predichas para el elemento ekasilicio y las propiedades comprobadas más tarde del elemento germanio, que ocupó el lugar del ekasilicio en la tabla.

Predicciones como esta motivaron que la investigación se dirigiera hacia la búsqueda de nuevos elementos y compuestos, hallándose valores más exactos para las magnitudes físicas (pesos atómicos, densidades…) cuando los datos conocidos no ajustaban bien con los valores presumibles.

Aunque la tabla periódica se desarrolló basándose en experimentos, es más sencillo entender su estructura y su periodicidad sobre la base de las configuraciones electrónicas de los elementos, según los electrones que forman los últimos niveles electrónicos.

Conocimiento sobre la tabla periódica

Investigador, fecha	Avance
Antoine-Laurent Lavoisier (francés), 1789	Agrupación de 33 elementos según sus propiedades químicas.
Johann Dobëreiner (alemán), 1829	Grupos de 3 elementos (tríadas).
Jean-Baptiste Dumas (francés), 1830-1860	Clasificación de los elementos en metales y metaloides (5 familias: H, F, O, N y C).
Alexander B. de Chancourtois (francés), 1862	«Anillo telúrico»: ordenación en forma de hélice en orden creciente de masas atómicas.
John A. Newlands (británico), 1865	Grupos de 8 elementos (octavas).
J. Lothar Meyer (alemán) y Dimitri I. Mendeléiev (ruso), 1869	Períodos largos (63 elementos ordenados por su masa atómica).
William Crookes (británico), 1888	Modelo de agrupación de los elementos en espiral tridimensional.
1900	Se incorporan los gases nobles.
Henry G. Moseley (británico), 1915	Ordenación de los elementos químicos por el número atómico.
1939	El sistema periódico termina en el elemento uranio.
1940	Se van incorporando a la tabla los elementos transuránidos.
2010	Se conocen 118 elementos: 92 aparecen en la naturaleza y el resto se han creado artificialmente en el laboratorio. Sin embargo, los átomos de estos elementos obtenidos de forma artificial se desintegran en un tiempo muy pequeño.

El sistema periódico actual

En la tabla periódica actual los elementos químicos (se conocen algo más de cien elementos) están ordenados teniendo en cuenta simultáneamente dos criterios:

- En líneas horizontales, llamadas **períodos**, se colocan los elementos en orden creciente de su **número atómico**.
- En líneas verticales, llamadas **grupos** o **familias**, se colocan los elementos de propiedades semejantes.

Este criterio de ordenación hace que esta tabla sea un instrumento imprescindible para el estudio de la química, dado que muchas propiedades de los elementos químicos están estrechamente ligadas a su posición en el sistema periódico.

SISTEMA PERIÓDICO DE LOS ELEMENTOS

Leyenda: No metales / Metales / Gases nobles

Número atómico → 20; 40,1 ← Masa atómica; Ca ← Símbolo (en azul: sólido; en verde: líquido; en naranja: gas; en negro: elemento preparado sintéticamente); Calcio ↑ Nombre

PERÍODO	GRUPO 1 (1 A)	2 (2 A)	3 (3 B)	4 (4 B)	5 (5 B)	6 (6 B)	7 (7 B)	8(8 B)	9(8 B)	10(8 B)	11 (1 B)	12 (2 B)	13 (3 A)	14 (4 A)	15 (5 A)	16 (6 A)	17 (7 A)	18 (0)
1	1 H Hidrógeno 1,0																	2 He Helio 4,0
2	3 Li Litio 6,9	4 Be Berilio 9,0											5 B Boro 10,8	6 C Carbono 12,0	7 N Nitrógeno 14,0	8 O Oxígeno 16,0	9 F Flúor 19,0	10 Ne Neón 20,1
3	11 Na Sodio 22,9	12 Mg Magnesio 24,3											13 Al Aluminio 27,0	14 Si Silicio 28,0	15 P Fósforo 31,0	16 S Azufre 32,0	17 Cl Cloro 35,5	18 Ar Argón 39,9
4	19 K Potasio 39,1	20 Ca Calcio 40,1	21 Sc Escandio 44,9	22 Ti Titanio 47,9	23 V Vanadio 50,0	24 Cr Cromo 52,0	25 Mn Manganeso 55,0	26 Fe Hierro 55,8	27 Co Cobalto 58,9	28 Ni Níquel 58,7	29 Cu Cobre 63,5	30 Zn Cinc 65,4	31 Ga Galio 69,7	32 Ge Germanio 72,6	33 As Arsénico 74,9	34 Se Selenio 78,9	35 Br Bromo 79,9	36 Kr Criptón 83,8
5	37 Rb Rubidio 85,5	38 Sr Estroncio 87,6	39 Y Itrio 88,9	40 Zr Circonio 91,2	41 Nb Niobio 92,9	42 Mo Molibdeno 95,9	43 Tc Tecnecio 99	44 Ru Rutenio 101,1	45 Rh Rodio 102,9	46 Pd Paladio 106,4	47 Ag Plata 107,9	48 Cd Cadmio 112,4	49 In Indio 114,8	50 Sn Estaño 118,7	51 Sb Antimonio 121,7	52 Te Teluro 127,6	53 I Yodo 126,9	54 Xe Xenón 131,3
6	55 Cs Cesio 132,9	56 Ba Bario 137,3	57 La Lantano 138,9	72 Hf Hafnio 178,5	73 Ta Tantalio 180,9	74 W Volframio 183,8	75 Re Renio 186,2	76 Os Osmio 190,2	77 Ir Iridio 192,2	78 Pt Platino 195,1	79 Au Oro 196,9	80 Hg Mercurio 200,5	81 Tl Talio 204,3	82 Pb Plomo 207,2	83 Bi Bismuto 208,9	84 Po Polonio (210)	85 At Astato (210)	86 Rn Radón (222)
7	87 Fr Francio (223)	88 Ra Radio (226)	89 Ac Actinio (227)	104 Rf Rutherfordio (261)	105 Db Dubnio (262)	106 Sg Seaborgio (263)	107 Bh Bohrio (262)	108 Hs Hassio (265)	109 Mt Meitnerio (266)	110 Ds Darmstadtio (271)	111 Rg Roentgenio (272)	112 Cn Copernicio (272)	113 Uut Ununtrio	114 Uuq Ununcuadio (285)	115 Uup Ununpentio	116 Uuh Ununhexio (289)	117 Uus Ununseptio	118 Uuo Ununoctio (293)

	Período														
LANTÁNIDOS →	6	58 Ce Cerio 140,1	59 Pr Praseodimio 140,9	60 Nd Neodimio 144,2	61 Pm Prometio (147)	62 Sm Samario 150,3	63 Eu Europio 151,9	64 Gd Gadolinio 157,2	65 Tb Terbio 158,9	66 Dy Disprosio 162,5	67 Ho Holmio 164,9	68 Er Erbio 167,3	69 Tm Tulio 168,9	70 Yb Iterbio 173,0	71 Lu Lutecio 174,9
ACTÍNIDOS →	7	90 Th Torio 232,0	91 Pa Protactinio (231)	92 U Uranio 238,0	93 Np Neptunio (237)	94 Pu Plutonio (244)	95 Am Americio (243)	96 Cm Curio (247)	97 Bk Berkelio (247)	98 Cf Californio 251	99 Es Einstenio (252)	100 Fm Fermio (257)	101 Md Mendelevio (258)	102 No Nobelio (259)	103 Lr Laurencio (262)



SABÍAS QUE...

Hay **18 grupos** o **familias** de elementos. Algunos son:

1. Alcalinos.
2. Alcalinotérreos.
13. Familia del boro.
14. Familia del carbono.
15. Familia del nitrógeno.
16. Familia del oxígeno.
17. Halógenos.
18. Gases nobles.

Agrupaciones de elementos

La nomenclatura de la IUPAC (*Unión Internacional de Química pura y aplicada*) numera los grupos del 1 al 18. Los elementos de los grupos 3 al 12, en el centro, se llaman **elementos de transición**.

Hay **siete períodos** (filas), que comienzan con un alcalino y terminan en un gas noble. La línea gruesa separa los **metales**, que son la mayoría, y los **no metales**. Los elementos que hay junto a esta línea se llaman semimetales, ya que presentan propiedades intermedias entre las de los metales y las de los no metales.

Los elementos que están en la parte inferior de la tabla se llaman elementos de **transición interna**, y se denominan lantánidos y actínidos.

PARA SABER MÁS

El origen de los símbolos de los elementos

La mayoría de los símbolos de los elementos derivan de sus primitivos nombres latinos, e incluso a los elementos más modernos, descubiertos en Estados Unidos o en Europa, se les ha dado nombres de terminación latina, con un prefijo en honor de algún científico o el lugar donde se descubrieron. Por ejemplo, el berkelio, de símbolo Bk, se denomina en inglés berkelium, en honor de la Universidad de Berkeley, en California, o el einstenio (Es), llamado así en honor de Einstein.

Al ser el español un idioma de raíz latina, la mayoría de los símbolos coinciden con las iniciales del elemento. No obstante, hay determinados elementos cuyos nombres latinos o griegos no coinciden con los españoles, y de ahí que haya símbolos que no tienen relación con el nombre castellano del elemento.

Nombre castellano	Símbolo	Símbolo
Antimonio	Sb	*Stibium* (latino)
Hierro	Fe	*Ferrum* (latino)
Estaño	Sn	*Stannum* (latino)
Estroncio	Sr	*Strontian* (pueblo de Escocia)
Cobre	Cu	*Cuprum* (latino)
Mercurio	Hg	*Hidrargirium* (latino)
Plata	Ag	*Argentum* (latino)
Plomo	Pb	*Plumbum* (latino)
Potasio	K	*Kalium* (latino)
Sodio	Na	*Natrium* (latino)
Azufre	S	*Sulphur* (latino)
Yodo	I	*Iodes* (griego)

Como se puede apreciar, los orígenes de los nombres de los elementos son muy variados, y cada uno encierra una historia de algún lugar, de alguna propiedad o de algún sabio.



BIOGRAFÍA

Dimitri Ivanovich Mendeléiev (1834-1907)



Mendeléiev en su laboratorio.

Nació en Tobolsk (Siberia), siendo el hijo menor de una familia numerosa. Estudió en el Instituto Central Pedagógico de San Petersburgo, y ejerció como profesor en Crimea. En 1859 fue enviado a París y Heidelberg. Asistió al famoso Congreso de Química de Karlsruhe, en 1860. De vuelta a Rusia determinó muchos pesos atómicos.

Una vez obtenido el grado de doctor, fue elegido profesor en el Instituto Técnico de San Petersburgo, y en 1867 obtuvo la cátedra de Química General. Su deseo de poder explicar la Química en un cuadro único y ordenado le llevó a buscar un sistema de ordenación de todos los elementos, descubriendo en 1869 su ley periódica y su tabla periódica.

Con motivo de la insurrección polaca de 1890, fue expulsado de su cátedra, si bien tres años más tarde fue nombrado director del Centro de Pesas y Medidas.

También se preocupó de mejorar la industria del petróleo en el Cáucaso, y, después de pasar un tiempo en las minas de antracita de los Urales, propuso un método para facilitar a los mineros el trabajo de extracción del mineral y su transporte a la superficie.



SABÍAS QUE...

Elementos que dejaron de serlo

Si comparamos una tabla periódica actual con una de finales del siglo XIX o principios del XX, observaremos algunas diferencias. Parece lógico pensar que en las tablas antiguas no apareciesen elementos químicos que no habían sido descubiertos, pero no resulta tan lógico que incluyesen algunos elementos que hoy no están.

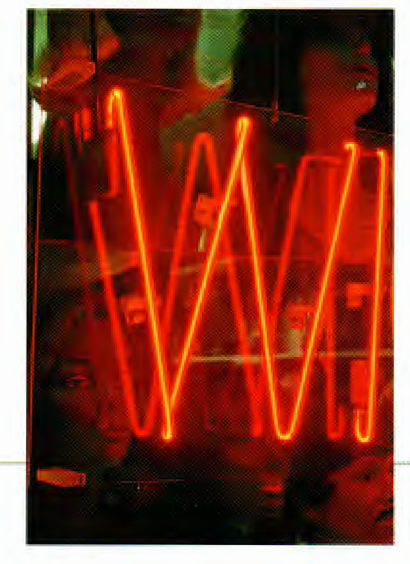
¿A qué se debe? La respuesta es que muchas veces se consideró un nuevo elemento a lo que era mezcla de dos.

Así, por ejemplo, a principios del siglo XIX se observó que junto con el cerio aparecían dos nuevos elementos a los que se llamó *lantano* y *didimio*. No fue sino hasta finales de siglo cuando se descubrió que el elemento *didimio* en realidad era una mezcla de dos elementos: el praseodimio y el neodimio.

Ha habido en la historia más de cien elementos como el didimio que dejaron de serlo.

Descripción
de la tabla periódica

Los elementos del sistema periódico se pueden clasificar en tres grandes grupos: gases nobles, metales y no metales.



Anuncios de neón. El gas neón emite una luz rojiza cuando se encierra en un tubo de vacío por el que se hace pasar una corriente eléctrica, produciendo una gran luminosidad que se usa como reurso publicitario.

Tipos de elementos

Los elementos que están en el último grupo del sistema periódico se denominan **gases nobles** o gases inertes (son gases en condiciones ambientales). Estos elementos no reaccionan con otros, por eso se llaman «nobles».

Los elementos que están a la izquierda y en el centro se llaman **metales** y prácticamente todos son sólidos en condiciones ambientales (salvo el mercurio, que es líquido).

Los que están entre los metales y los gases nobles se denominan **no metales**, y pueden encontrarse en los tres estados: sólido (yodo), líquido (bromo) y gaseoso (oxígeno).

Los elementos que hay junto a la línea gruesa, que separa los metales y los no metales, se llaman **semimetales**, ya que presentan propiedades intermedias entre las metálicas y las no metálicas.

Los elementos que están en la parte inferior de la tabla se llaman **elementos de transición interna**, y se denominan lantánidos y actínidos.



El cobre era muy útil para fabricar todo tipo de utensilios. De algún modo, se descubrió que al calentar con fuego de leña determinados minerales, aparecían entre las cenizas pequeñas gotas de cobre rojo brillante.

Los principales grupos del sistema periódico

En un mismo grupo se sitúan los elementos con propiedades químicas semejantes.

Grupo 1. Metales **alcalinos**. Litio (Li), sodio (Na), potasio (K), rubidio (Rb), cesio (Cs) y francio (Fr).

Grupo 2. Metales **alcalinotérreos**. Berilio (Be), magnesio (Mg), calcio (Ca), estroncio (Sr), bario (Ba) y radio (Ra).

Grupo 13. Familia del boro o **boroideos**. Boro (B), aluminio (Al), galio (Ga), indio (In) y talio (Tl).

Grupo 14. Familia del carbono o **carbonoideos**. Carbono (C), silicio (Si), germanio (Ge), estaño (Sn) y plomo (Pb).

Grupo 15. Familia del nitrógeno o **nitrogenoideos**. Nitrógeno (N), fósforo (P), arsénico (As), antimonio (Sb) y bismuto (Bi).

Grupo 16. Familia del oxígeno o **anfígenos**. Oxígeno (O), azufre (S), selenio (Se), teluro (Te) y polonio (Po).

Grupo 17. **Halógenos**. Flúor (F), cloro (Cl), bromo (Br), yodo (I) y astato (At).

Grupo 18. **Gases nobles**. Helio (He), neón (Ne), argón (Ar), criptón (Kr), xenón (Xe) y radón (Rn).

Del 3 al 12. Elementos de **transición**. Algunos ejemplos: cromo (Cr), hierro (Fe), níquel (Ni), cobre (Cu), cinc (Zn), plata (Ag), platino (Pt), oro (Au) y mercurio (Hg).

Un «problema» sin solución, aunque no tiene especial relevancia, es la posición del hidrógeno (H). Hay químicos que lo consideran dentro del grupo 1, metales alcalinos. Otros dicen que podría situarse en el grupo 17, con los halógenos. Por último, hay quienes no lo incluyen en ningún grupo.

Elementos recién descubiertos

Los elementos recientemente descubiertos tienen una vida tan corta que no llega al segundo. Todos ellos se han obtenido artificialmente, en los laboratorios. También hay que destacar que los que se han encontrado son tan solo átomos aislados.

Se duda incluso de si en realidad se trata de átomos nuevos o de estados transitorios de las uniones de otros átomos ya existentes.

Para producir estos elementos pesados, se hacen colisionar los núcleos de dos átomos, teniendo lugar una reacción nuclear.

Z	Nombre	Símbolo
101	Mendelevio	Md
102	Nobelio	No
103	Lawrencio	Lr
104	Rutherfordio	Rf

Z	Nombre	Símbolo
105	Dubnio	Db
106	Seaborgio	Sg
107	Bohrio	Bh
108	Hassio	Hs
109	Meitnerio	Mt
110	Darmstadtio	Ds
111	Roentgenio	Rg
112	Copernicio	Cn
113	Unutrio	Uut
114	Ununquadio	Uuq
115	Ununpentio	Uup
116	Ununhexio	Uuh
117	Ununseptio	Uus
118	Ununoctio	Uuo

Las tierras raras

Los lantánidos

El descubrimiento de los elementos de las tierras raras es uno de los capítulos más importantes de la química.

En 1794, Gadolin descubrió un nuevo mineral cerca de Estocolmo, encontrando en él un óxido desconocido, una tierra que denominó itria, y que después se ha hallado en un gran número de minerales. El mineral recibió el nombre de gadolinita.

En 1803, Klaproth localizó otro óxido que se conoce como ceria, que es el óxido de un nuevo elemento llamado cerio. Este nombre proviene de Ceres, el primer asteroide descubierto dos años antes. Rápidamente se vio que estas dos tierras no eran óxidos puros.

En 1839, Mosander constató que una parte del cerio se solubilizaba en ácido nítrico diluido (lantana) y otra era insoluble (ceria). A partir de la lantana obtuvo una tierra de color rosado, la didimia, que era el óxido de didimio. Sin embargo, la didimia no era pura, y Boisbaudran separó de ella la samaria (en honor de Samarsky) y, en 1880, la gadolinia.

La didimia, que se creía que era una tierra pura, fue desdoblada por Von Welsbach (1885) en la praseodimia y la neodimia. Igualmente, a partir de la itria se obtuvieron la ceria, lantana, didimia, itria, erbia y terbia. Más tarde, Marignac descubrió que la erbia contenía otra tierra, que denominó iterbia. Estas tierras corresponden a los elementos itrio, erbio, terbio e iterbio, cuyos nombres derivan de la ciudad de Yterby.

En 1879 se separó la escanda, u óxido de escandio, de la iterbia. De esta forma se operó, obteniendo el resto de los elementos de las tierras raras, hasta que en 1907 se descubrió el lutecio (de Lutetia, antiguo nombre de París).

Los actínidos

Los elementos de la familia de los actínidos son torio, protoactinio, uranio y los diez elementos transuránicos (detrás del uranio), que son: neptunio, plutonio, americio, curio, berkelio, californio, einstenio, fermio, mendelevio y nobelio. Todos ellos poseen propiedades radiactivas.

Es muy curioso el origen del nombre de los elementos transuránicos. En general, derivan de los nombres de científicos famosos, de la localidad donde se descubrieron...

- Neptunio. Deriva del nombre del planeta Neptuno; fue descubierto por McMillan (premio Nobel de Química en 1951).
- Plutonio. Se relaciona con el nombre del planeta Plutón, y también fue descubierto por McMillan.
- Americio. En honor de América, análogamente al europio, elemento de los lantánidos denominado así por Europa. Fue descubierto por Seaborg.
- Curio. Recordando a Marie Curie, fue obtenido en 1944 por Seaborg (premio Nobel de Química en 1951).
- Berkelio. Descubierto en 1949 por Seaborg, recibió su nombre de la ciudad de Berkeley (California), donde se halla la universidad en que se descubrieron los elementos transuránicos.
- Californio. Se obtuvo a la vez que el berkelio, y su nombre deriva de California.
- El einstenio y el fermio se obtuvieron en 1953 y fueron nombrados así en honor de Albert Einstein y Enrico Fermi.
- El mendelevio, en honor de Mendeléiev.
- El nobelio, denominado así en recuerdo de Alfred Nobel, fundador de los premios Nobel, por haber sido producido en el Instituto Nobel de Física, en Estocolmo (Suecia).

Propiedades periódicas de los elementos químicos

Al analizar la ordenación de los átomos en la tabla periódica, observamos que, en los grupos, las propiedades de estos son semejantes y en los períodos tienen una variación que podemos explicar. En estos comportamientos similares se basa el éxito de la clasificación periódica.

¿Qué son las propiedades periódicas?

Muchas propiedades físicas y químicas de los elementos varían con regularidad periódica cuando se ordenan estos por orden creciente de su número atómico.

Son propiedades periódicas:

- La configuración electrónica.
- La energía de ionización.
- La afinidad electrónica.
- La electronegatividad.
- El volumen atómico.
- El carácter metálico y no metálico.
- El número de oxidación.

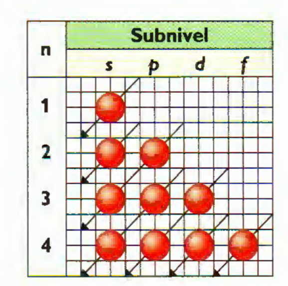


Diagrama que indica el orden de llenado de los niveles energéticos de un átomo.

La configuración electrónica

Los electrones están distribuidos en cada átomo en niveles o capas de energía. Los elementos de un mismo período tienen todos el mismo número de niveles electrónicos (completos o no), y este número coincide con el número del período. El número máximo de electrones que caben en un nivel es $2n^2$, siendo n el número de nivel.

Cada nivel o capa de energía puede tener uno o más subniveles con distinto número de electrones.



CÓMO HACER

- **Dado el átomo: $^{27}_{13}Al$, expresar toda la información, acerca de su estructura y sus propiedades, que se puede sacar con esta representación.**

  El número atómico es 13, lo que indica que este átomo tiene 13 protones en su núcleo. Por tanto, también tendrá 13 electrones en la corteza.

  El número másico es 27. Esto quiere decir que habrá 27 − 13 = 14 neutrones en el núcleo.

  Este elemento se encuentra en el grupo 3 del sistema periódico. Como tiene 13 electrones, su estructura electrónica será: Al (2, 8, 3). Por tanto, puede perder 3 electrones y quedarse con una estructura electrónica similar a la de un gas noble. Así, tendrá tendencia a formar el ion Al^{3+}.

- **Un elemento X está situado en el período 3, grupo 17 del sistema periódico. Contestar a las siguientes cuestiones:**

  a) ¿Cuál es su configuración electrónica?
  b) ¿Cuál es su número atómico?
  c) ¿De qué elemento se trata?

  a) Si está en el período 3, tendrá completos los dos primeros niveles electrónicos. Como está en el grupo 17, su configuración será: (2, 8, 7).

  b) Su número atómico es 17, porque tiene 17 protones y 17 electrones alrededor del núcleo.

  c) Se trata del cloro.

Los subniveles de tipo s pueden tener uno o dos electrones; los subniveles de tipo *p*, de uno a seis electrones, y los subniveles de tipo *d*, de uno a diez electrones. También puede haber subniveles de tipo *f* que pueden tener de uno a catorce electrones, para capas o niveles superiores a tres.

Nivel (*n*)	N.° total electrones	TIPO DE SUBNIVELES			
		s	*p*	*d*	*f*
1	2	2	–	–	–
2	8	2	6	–	–
3	18	2	6	10	–
4	32	2	6	10	14

El orden de ocupación de los subniveles del átomo por los electrones es de menos a más energía. Para los elementos químicos de menor número atómico, el orden es según indican las flechas de la figura de la página anterior:

1.er subnivel: se llama 1s
2.° subnivel: se llama 2s
3.er subnivel: se llama 2*p*
4.° subnivel: se llama 3s
5.° subnivel: se llama 3*p*
6.° subnivel: se llama 4s
7.° subnivel: se llama 3*d*
y así sucesivamente.

Al escribir la configuración electrónica de un elemento, se pone primero el número del nivel y después el del subnivel, con el número de electrones que lo ocupan. Es decir: $1s^2$, $2s^2p^6$ o también (2, 8).

Veamos ahora unas reglas que nos permitan conocer fácilmente la estructura electrónica de un elemento, sin más que saber previamente su posición en el sistema periódico:

a) El número de capas electrónicas que posee un átomo coincide con el del período al que pertenece el elemento en el sistema periódico.

b) Salvo el H (1s) y el He ($1s^2$), todos los demás elementos tienen estructura s^2 en la primera capa y s^2p^6 en todas las restantes, excepto en la última.

c) Número de electrones de la última capa:

– Para los gases nobles: s^2p^6 (salvo el He, que es $1s^2$).

– Para los elementos de transición (ver tabla periódica): s^2.

– Para los demás, coincide con el número de la columna a la que pertenece el elemento en el sistema periódico.

d) Cada vez que se atraviesa totalmente la serie de elementos de transición pertenecientes a un período, se coloca d^{10} del período anterior. Es decir, que si atravesamos los elementos de transición en la capa 5, colocaremos d^{10} en la capa 4.

e) Cada vez que se atraviesa totalmente la casilla del lantano (La) con sus catorce elementos, se coloca f^{14} en la capa 4.

f) Los elementos de transición tienen s^2 en la última capa, y en la penúltima, tantos electrones *d* como indica el número del lugar que ocupan dentro de la serie de transición a la que pertenecen.

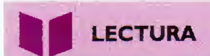
g) Los elementos lantánidos y actínidos (denominados tierras raras) presentan la estructura s^2 en la última capa; s^2p^6d, en la penúltima, y en la antepenúltima, tantos electrones *f* como indica el número del lugar que ocupan dentro de su familia.

Grupo o nivel		1	2		3			4				5					6			7
Subgrupo		1*s*	2*s*	2*p*	3*s*	3*p*	3*d*	4*s*	4*p*	4*d*	4*f*	5*s*	5*p*	5*d*	5*f*	5*g*	6*s*	6*p*	6*d*	7*s*
Número atómico	Símbolo																			
1	H	1																		
2	He	2																		
3	Li	2	1																	
4	Be	2	2																	
5	B	2	2	1																
6	C	2	2	2																
7	N	2	2	3																
8	O	2	2	4																
9	F	2	2	5																
10	Ne	2	2	6																
11	Na	2	2	6	1															
12	Mg	2	2	6	2															
13	Al	2	2	6	2	1														
14	Si	2	2	6	2	2														
15	P	2	2	6	2	3														
16	S	2	2	6	2	4														
17	Cl	2	2	6	2	5														
18	Ar	2	2	6	2	6														
19	K	2	2	6	2	6		1												
20	Ca	2	2	6	2	6		2												
21	Sc	2	2	6	2	6	1	2												
22	Ti	2	2	6	2	6	2	2												
23	V	2	2	6	2	6	3	2												
24	Cr	2	2	6	2	6	5	1												
25	Mn	2	2	6	2	6	5	2												
26	Fe	2	2	6	2	6	6	2												
27	Co	2	2	6	2	6	7	2												
28	Ni	2	2	6	2	6	8	2												
29	Cu	2	2	6	2	6	10	1												
30	Zn	2	2	6	2	6	10	2												
31	Ga	2	2	6	2	6	10	2	1											
32	Ge	2	2	6	2	6	10	2	2											
33	As	2	2	6	2	6	10	2	3											
34	Se	2	2	6	2	6	10	2	4											
35	Br	2	2	6	2	6	10	2	5											
36	Kr	2	2	6	2	6	10	2	6											
37	Rb	2	2	6	2	6	10	2	6			1								
38	Sr	2	2	6	2	6	10	2	6			2								
39	Y	2	2	6	2	6	10	2	6	1		2								
40	Zr	2	2	6	2	6	10	2	6	2		2								
41	Nb	2	2	6	2	6	10	2	6	4		1								
42	Mo	2	2	6	2	6	10	2	6	5		1								
43	Tc	2	2	6	2	6	10	2	6	(5)		(2)								
44	Ru	2	2	6	2	6	10	2	6	7		1								
45	Rh	2	2	6	2	6	10	2	6	8		1								
46	Pd	2	2	6	2	6	10	2	6	10										
47	Ag	2	2	6	2	6	10	2	6	10		1								
48	Cd	2	2	6	2	6	10	2	6	10		2								
49	In	2	2	6	2	6	10	2	6	10		2	1							
50	Sn	2	2	6	2	6	10	2	6	10		2	2							

Estructura electrónica de los átomos de los elementos.

Grupo o nivel		1	2		3			4				5					6			7
Subgrupo		1s	2s	2p	3s	3p	3d	4s	4p	4d	4f	5s	5p	5d	5f	5g	6s	6p	6d	7s
Número atómico	Símbolo																			
51	Sb	2	2	6	2	6	10	2	6	10		2	3							
52	Te	2	2	6	2	6	10	2	6	10		2	4							
53	I	2	2	6	2	6	10	2	6	10		2	5							
54	Xe	2	2	6	2	6	10	2	6	10		2	6							
55	Cs	2	2	6	2	6	10	2	6	10		2	6				1			
56	Ba	2	2	6	2	6	10	2	6	10		2	6				2			
57	La	2	2	6	2	6	10	2	6	10		2	6	1			2			
58	Ce	2	2	6	2	6	10	2	6	10	1	2	6	1			2			
59	Pr	2	2	6	2	6	10	2	6	10	3	2	6				2			
60	Nd	2	2	6	2	6	10	2	6	10	4	2	6				2			
61	Pm	2	2	6	2	6	10	2	6	10	5	2	6				2			
62	Sm	2	2	6	2	6	10	2	6	10	6	2	6				2			
63	Eu	2	2	6	2	6	10	2	6	10	7	2	6				2			
64	Gd	2	2	6	2	6	10	2	6	10	7	2	6	1			2			
65	Tb	2	2	6	2	6	10	2	6	10	9	2	6				2			
66	Dy	2	2	6	2	6	10	2	6	10	10	2	6				2			
67	Ho	2	2	6	2	6	10	2	6	10	11	2	6				2			
68	Er	2	2	6	2	6	10	2	6	10	12	2	6				2			
69	Tm	2	2	6	2	6	10	2	6	10	13	2	6				2			
70	Yb	2	2	6	2	6	10	2	6	10	14	2	6				2			
71	Lu	2	2	6	2	6	10	2	6	10	14	2	6	1			2			
72	Hf	2	2	6	2	6	10	2	6	10	14	2	6	2			2			
73	Ta	2	2	6	2	6	10	2	6	10	14	2	6	3			2			
74	W	2	2	6	2	6	10	2	6	10	14	2	6	4			2			
75	Re	2	2	6	2	6	10	2	6	10	14	2	6	5			2			
76	Os	2	2	6	2	6	10	2	6	10	14	2	6	6			2			
77	Ir	2	2	6	2	6	10	2	6	10	14	2	6	7			2			
78	Pt	2	2	6	2	6	10	2	6	10	14	2	6	9			1			
79	Au	2	2	6	2	6	10	2	6	10	14	2	6	10			1			
80	Hg	2	2	6	2	6	10	2	6	10	14	2	6	10			2			
81	Tl	2	2	6	2	6	10	2	6	10	14	2	6	10			2	1		
82	Pb	2	2	6	2	6	10	2	6	10	14	2	6	10			2	2		
83	Bi	2	2	6	2	6	10	2	6	10	14	2	6	10			2	3		
84	Po	2	2	6	2	6	10	2	6	10	14	2	6	10			2	4		
85	At	2	2	6	2	6	10	2	6	10	14	2	6	10			2	5		
86	Rn	2	2	6	2	6	10	2	6	10	14	2	6	10			2	6		
87	Fr	2	2	6	2	6	10	2	6	10	14	2	6	10			2	6		1
88	Ra	2	2	6	2	6	10	2	6	10	14	2	6	10			2	6		2
89	Ac	2	2	6	2	6	10	2	6	10	14	2	6	10			2	6	1	2
90	Th	2	2	6	2	6	10	2	6	10	14	2	6	10			2	6	2	2
91	Pa	2	2	6	2	6	10	2	6	10	14	2	6	10	2		2	6	1	2
92	U	2	2	6	2	6	10	2	6	10	14	2	6	10	3		2	6	1	2
93	Np	2	2	6	2	6	10	2	6	10	14	2	6	10	4		2	6		2
94	Pu	2	2	6	2	6	10	2	6	10	14	2	6	10	6		2	6		2
95	Am	2	2	6	2	6	10	2	6	10	14	2	6	10	7		2	6		2
96	Cm	2	2	6	2	6	10	2	6	10	14	2	6	10	7		2	6	1	2
97	Bk	2	2	6	2	6	10	2	6	10	14	2	6	10	9		2	6		2
98	Cf	2	2	6	2	6	10	2	6	10	14	2	6	10	10		2	6		2
99	Es	2	2	6	2	6	10	2	6	10	14	2	6	10	(11)		2	6		2
100	Fm	2	2	6	2	6	10	2	6	10	14	2	6	10	(12)		2	6		2
101	Md	2	2	6	2	6	10	2	6	10	14	2	6	10	(13)		2	6		2
102	No	2	2	6	2	6	10	2	6	10	14	2	6	10	(14)		2	6		2

Estructura electrónica de los átomos de los elementos.



LECTURA

Un elemento escurridizo y peligroso

El flúor, sin duda, ha sido uno de los elementos más escurridizos y peligrosos del sistema periódico. Veamos a continuación por qué.

Fue utilizado en 1771 por el químico sueco Scheele, y pasaron más de cien años hasta que otro químico, el francés Moissan, lo aisló en 1886. En estos más de cien años hubo muchos intentos fallidos por conseguirlo, e incluso muchos de los científicos que trabajaron en ello murieron o sufrieron graves envenenamientos.

¿Por qué sucede esto? El flúor es un gas de color verde amarillento, corrosivo y venenoso. En cuanto a su reactividad química, es el elemento más reactivo del sistema periódico; nada más formarse se combina con aquello que encuentre a su alrededor.

Lo que hizo Moissan fue utilizar un metal bastante inerte, como el platino, y trabajar a bajas temperaturas. De esta manera evitaba que el flúor reaccionara.

En 1906, por este descubrimiento, Moissan recibió el premio Nobel de Química.

Curiosamente, en la votación triunfó sobre Mendeléiev, un científico que, sin duda, merecía también dicho premio y que murió al año siguiente.



CÓMO HACER

- **Determinar la estructura electrónica del wolframio (W).**

Primero nos fijaremos en el número atómico y posición que ocupa en la tabla periódica. El wolframio es un elemento de transición del período 6, con número atómico 74; es decir, que sus átomos tendrán 74 protones y 74 electrones. Como su peso atómico es 184, eso significa que tendrá 184 − 74 = 110 neutrones.

El W tendrá, pues, seis capas de electrones:

$$W = \quad 1 \quad 2 \quad 3 \quad 4 \quad 5 \quad 6$$

Aplicando la regla b), tendrá estructura s^2 en la primera capa y s^2p^6 en los niveles 2, 3, 4 y 5:

$$W = 1s^2 \quad 2s^2p^6 \quad 3s^2p^6 \quad 4s^2p^6 \quad 5s^2p^6 \quad 6$$

Si aplicamos la regla c), en la sexta capa tendrá s^2:

$$W = 1s^2 \quad 2s^2p^6 \quad 3s^2p^6 \quad 4s^2p^6 \quad 5s^2p^6 \quad 6s^2$$

Apliquemos ahora la regla d): como para llegar al número 74 hemos de pasar totalmente la serie de elementos de transición del período 4, en la tercera capa habrá d^{10}; como también hemos de atravesar por completo la serie de transición del período 5, en la cuarta capa también habrá diez electrones *d*:

$$W = 1s^2 \quad 2s^2p^6 \quad 3s^2p^6d^{10} \quad 4s^2p^6d^{10} \quad 5s^2p^6 \quad 6s^2$$

Según la regla e), como tenemos que atravesar la serie del La, tendremos f^{14} en la cuarta capa:

$$W = 1s^2 \quad 2s^2p^6 \quad 3s^2p^6d^{10} \quad 4s^2p^6d^{10}f^{14} \quad 5s^2p^6 \quad 6s^2$$

Por último, según la regla f), en la penúltima capa el W tendrá tantos electrones *d* como el lugar que ocupa en su serie de transición. Como ocupa el 4.° lugar, será d^4 en la quinta capa. Por tanto, la estructura electrónica del wolframio será:

$$W = 1s^2 \quad 2s^2p^6 \quad 3s^2p^6d^{10} \quad 4s^2p^6d^{10}f^{14} \quad 5s^2p^6d^4 \quad 6s^2$$

Si contamos el número de electrones obtendremos 74, lo cual indica que no nos hemos equivocado.

- **Determinar la estructura electrónica del uranio.**

El uranio pertenece a la familia de los actínidos y tiene un número atómico de 92 y un peso atómico de 238, lo cual nos dice que tendrá 92 electrones, 92 protones y 238 − 92 = 146 neutrones.

Los actínidos ocupan su lugar en el período 7; por tanto, el uranio tendrá siete capas de electrones:

$$U = 1 \quad 2 \quad 3 \quad 4 \quad 5 \quad 6 \quad 7$$

Según la regla b), será s^2 en la primera capa y s^2p^6 en los niveles 2, 3, 4, 5 y 6:

$$U = 1s^2 \quad 2s^2p^6 \quad 3s^2p^6 \quad 4s^2p^6 \quad 5s^2p^6 \quad 6s^2p^6 \quad 7$$

Según la regla d), tendremos d^{10} en las capas 3, 4 y 5, ya que atravesamos totalmente los elementos de transición de los períodos 4, 5 y 6:

$$U = 1s^2 \quad 2s^2p^6 \quad 3s^2p^6d^{10} \quad 4s^2p^6d^{10} \quad 5s^2p^6d^{10} \quad 6s^2p^6 \quad 7$$

Aplicando la regla e), y como atravesamos íntegramente la familia de los lantánidos, tendremos f^{14} en la capa cuarta:

$$U = 1s^2 \quad 2s^2p^6 \quad 3s^2p^6d^{10} \quad 4s^2p^6d^{10}f^{14} \quad 5s^2p^6d^{10} \quad 6s^2p^6 \quad 7$$

Por último, aplicando la regla g), el uranio será s^2 en la última capa (7), s^2p^6d en la penúltima (6), y en la antepenúltima, tantos electrones *f* como el lugar que ocupa dentro de su familia, es decir, 3. Así pues, la estructura electrónica del uranio sería:

$$U = 1s^2 \quad 2s^2p^6 \quad 3s^2p^6d^{10} \quad 4s^2p^6d^{10}f^{14} \quad 5s^2p^6d^{10}f^3 \quad 6s^2p^6d \quad 7s^2$$

y si sumamos el número de los electrones, obtendremos 92, que es el número correcto.

A partir de las estructuras electrónicas, es posible predecir muchas propiedades de los elementos, lo cual hace que el conocimiento de las mismas sea muy importante para comprender el comportamiento de la materia.

Energía de ionización

Se llama energía (o potencial) de ionización a la **energía necesaria para separar totalmente el electrón más externo del átomo en estado gaseoso, convirtiéndolo en un ion positivo** o catión. Como es lógico, cuanto menor sea su valor, tanto más fácil será conseguir que un átomo pierda un electrón.

Así, para un átomo *X*, el proceso será:

$$X + E_i \Rightarrow X^+ + e^-$$

donde e^- es el electrón extraído.

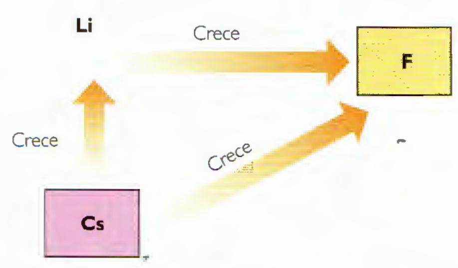
- En el sistema periódico, la energía de ionización aumenta dentro de un grupo de abajo hacia arriba, porque cuanto más cerca del núcleo esté el electrón que se quiere separar, tanto más atraído estará por aquel. Esto hace, por ejemplo, que la energía de ionización del Cs, situado al final del segundo grupo, sea 1,4 veces más pequeña que la del Li, situado por el principio de ese mismo grupo (elementos alcalinos).
- En un período, el análisis de la variación de la energía de ionización es más complicado. En general, podemos decir que aumenta de izquierda a derecha.



Sublimación de yodo molecular. ¿Cómo será la energía de ionización del yodo comparada con la del cloro?

En resumen, cuanto menor sea la energía de ionización de un elemento, tanto más fácilmente podrá perder un electrón y formar un ion positivo. Los elementos más metálicos (que son los situados más a la izquierda y hacia abajo del sistema periódico) son los que más fácilmente formarán iones positivos (son más electropositivos), mientras que los más no metálicos (los situados más arriba y a la derecha del sistema periódico) serán los que menos fácilmente pueden formar iones positivos.

Una particularidad destacable es que los valores máximos de las energías de ionización corresponden a los gases nobles. Ello es coherente con el hecho de que los gases nobles son muy estables o bastante inertes.



Variación de la energía de ionización en el sistema periódico.

Afinidad electrónica

Se llama afinidad electrónica, *AE* (o electroafinidad), a la **energía que libera un átomo en estado gaseoso cuando capta un electrón y se transforma en un ion con carga −1**, también en estado gaseoso.

Si un átomo tiene baja energía de ionización, cede con facilidad un electrón (no tiende a ganarlo); por ello, su afinidad electrónica será baja. Cuando un átomo tiene alta su energía de ionización, no tiene tendencia a perder electrones y sí a ganarlos. La afinidad electrónica varía en el sistema periódico igual que la energía de ionización.

PARA SABER MÁS

La energía de ionización se suele medir en electronvoltios. El electronvoltio (eV) es la energía que tiene un electrón sometido a la diferencia de potencial de un voltio.

$$1\ eV = 1{,}6 \cdot 10^{-19}\ C \cdot 1\ V;\quad 1\ eV = 1{,}6 \cdot 10^{-19}\ J$$

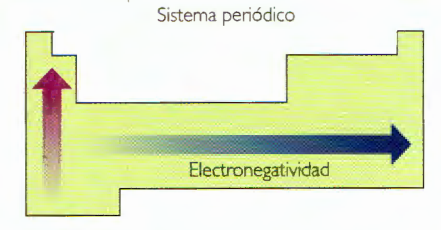
Electronegatividad

La electronegatividad es una propiedad de los átomos que relaciona las magnitudes anteriores y que tiene un gran interés desde el punto de vista químico.

Se dice que un elemento es muy electronegativo cuando la energía de ionización y la afinidad electrónica son altas.

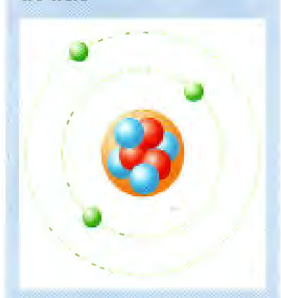
En general, la electronegatividad varía periódicamente, de forma que los elementos situados más arriba y a la derecha del sistema periódico son los más electronegativos y los situados más hacia abajo y a la izquierda son los menos electronegativos. El elemento más electronegativo (más no metálico) es el flúor, seguido del oxígeno y del cloro. Uno de los menos electronegativos (más metálico) es el cesio. Los gases nobles son muy inertes, no se habla de electronegatividad de estos elementos.

La electronegatividad se define como la **tendencia** que tienen los átomos para **captar electrones**.



Aumento de la electronegatividad en la tabla periódica.

Esquema de un átomo de litio



En el átomo de litio sucede como si los electrones internos «protegieran» al otro electrón de la fuerza de atracción nuclear.

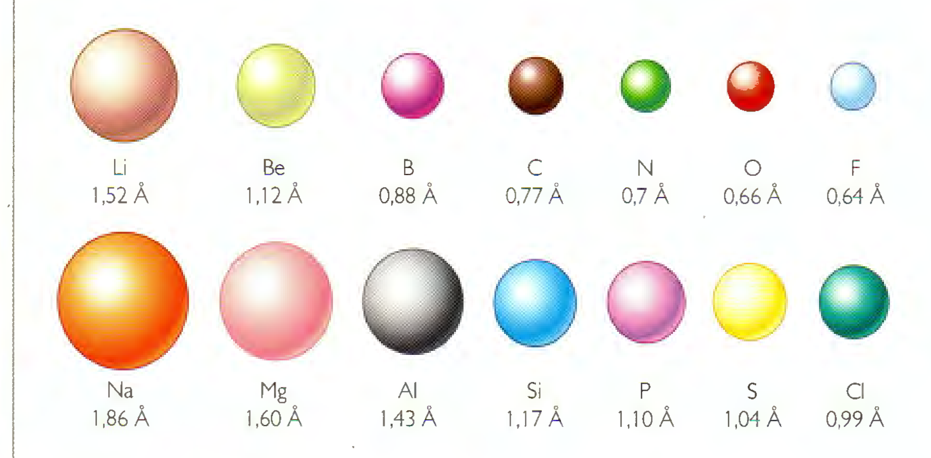
Podemos suponer que los electrones internos anulan el efecto de un número igual de protones del núcleo. En ese caso, podría decirse que el electrón de valencia del Li sería atraído por una carga positiva de +1 (o carga nuclear efectiva para ese electrón).

Volumen atómico

El volumen atómico fue definido por Meyer como el espacio que ocupa el átomo de un elemento, y lo calculó dividiendo la masa atómica del elemento entre su densidad. Pero como un mismo elemento químico puede presentar varias estructuras sólidas diferentes, tendrá varios volúmenes atómicos, según la definición de Meyer; de ahí que se caracterice ahora el tamaño de los átomos mediante el **radio atómico**, calculado en función de las distancias a que se sitúan los átomos cuando forman enlaces para unirse entre sí.

El radio atómico da una idea del volumen atómico y se mide en nanómetros, nm (1 nm = 10^{-9} m).

La variación del volumen atómico de los elementos es paralela a la de los radios atómicos, y en un grupo del sistema periódico va creciendo a medida que aumenta su número atómico. En un período, el análisis de la variación resulta más complejo.



Carácter metálico

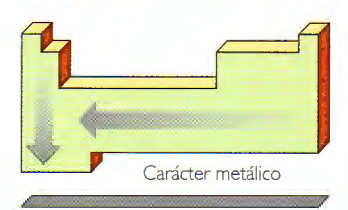
Un elemento se considera **metal** desde un punto de vista electrónico cuando **cede fácilmente electrones** y no tiene tendencia a ganarlos; es decir, los metales son muy poco electronegativos.

Un **no metal** es todo elemento que **difícilmente cede electrones** y sí tiene tendencia a ganarlos; es muy electronegativo.

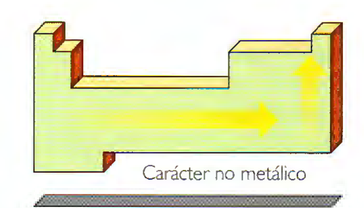
Los gases nobles no tienen ni carácter metálico ni no metálico.

La línea quebrada que empieza en el boro (B) y termina en el astato (At) marca la separación entre los metales, que se encuentran por debajo de ella, y los no metales, que se sitúan en la parte superior (ver tabla periódica en páginas anteriores).

Los semimetales son los elementos que no tienen muy definido su carácter metálico o no metálico y se sitúan bordeando esta línea divisoria.



Los sentidos de las flechas indican el crecimiento del carácter metálico dentro de la tabla periódica.



Los sentidos de las flechas indican el crecimiento del carácter no metálico dentro de la tabla periódica.

Número de oxidación

La capacidad de combinación o valencia de los elementos se concreta en el número de oxidación. El número de oxidación de un elemento es el **número de electrones que gana**, **cede** o **comparte** cuando se une con otro u otros elementos. Puede ser positivo, negativo o nulo.

Es interesante observar que, ocasionalmente, un mismo elemento puede actuar con distintos números de oxidación según el compuesto del que forme parte.

El número de oxidación está íntimamente relacionado con la configuración electrónica. Por tanto, es razonable la periodicidad que se observa en el número de oxidación de los elementos. En el sistema periódico se puede resumir:

- En un mismo grupo, los elementos suelen presentar números de oxidación comunes.
- El número de oxidación más alto que presenta un elemento coincide con el número del grupo al que pertenece (desde 1 hasta 7).

Por ejemplo:

- Los elementos del grupo 1 (Li, Na, K, Rb, Cs, Fr) tienen número de oxidación +1.
- Los elementos del grupo 2 (Be, Mg, Ca, Sr...) tienen número de oxidación +2.
- Los elementos del grupo 4 (C, Si, Ge, Sn, Pb...) tienen varios números de oxidación, pero el más alto es +4.

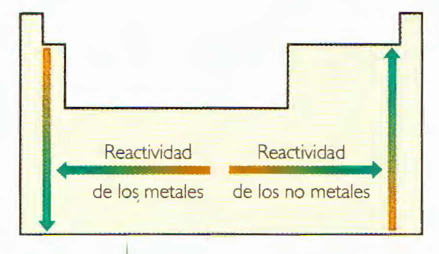
Regularidades en las propiedades

Los electrones del último nivel son los responsables de las propiedades de los elementos, fundamentalmente de la reactividad.

Los alcalinos son los metales más reactivos. Ceden con muchísima facilidad el electrón solitario que tienen en su último nivel y se combinan con otros elementos. Los alcalinotérreos son algo menos reactivos, ya que reaccionan cediendo sus dos electrones del último nivel, y esto es más complicado.

Entre los no metales, los más reactivos son los halógenos, grupo 17, con siete electrones externos. A continuación, el grupo 16 del oxígeno. Los primeros tienden a captar solo un electrón, y los segundos, dos.

Además de las ya nombradas, hay más propiedades que varían periódicamente. Por ejemplo: los puntos de fusión, de ebullición y la densidad.



Variación de la reactividad de los elementos en el sistema periódico.

CÓMO HACER

- **Contestamos a las preguntas siguientes:**
  a) **¿A qué elemento se parecerá más el azufre (químicamente hablando), al fósforo o al oxígeno?**
  b) **¿Qué elemento tendrá un mayor radio, el cloro o el argón? ¿Por qué lo sabes?**
  c) **¿Qué elemento será más reactivo, el cloro o el fósforo? ¿Por qué lo sabes?**

  a) Al oxígeno, porque están en el mismo grupo.
  b) El cloro, porque el tamaño disminuye hacia la derecha en un período.
  c) El cloro, porque la reactividad aumenta hacia la derecha en un período.

- **¿Cúal es la característica común, desde el punto de vista de la distribución electrónica, de los gases nobles He, Ne y Ar?**

  Los gases nobles se caracterizan experimentalmente por su escasa reactividad química y por tener una energía de ionización muy elevada. Al mismo tiempo, en cuanto a su estructura electrónica, se caracterizan por tener 8 electrones en su último nivel de energía (excepto el helio, que completa su último nivel de energía con 2 electrones). De aquí se deduce que la escasa reactividad química de los gases nobles se debe a su estructura electrónica y que dicha estructura confiere una estabilidad química especial. Este hecho tiene una gran importancia, para comprender el enlace químico entre unos átomos y otros.

FÍSICA Y QUÍMICA

Bloque 02. Las reacciones químicas

Enlace químico y estabilidad

Los átomos no suelen permanecer aislados, sino que tienden a agregarse entre sí formando unas estructuras más complejas: se unen porque ello les permite pasar a una situación de menor energía, lo que supone también mayor estabilidad.

Las propiedades químicas de los átomos dependen de cómo se distribuyen los electrones en los últimos niveles (electrones de valencia).

Uniones entre átomos

Uno de los problemas más importantes de la química en el siglo XIX fue la justificación de las uniones entre los átomos. La teoría del enlace químico comenzó con el trabajo del químico alemán Richard Abegg (1869-1910) al explicar las uniones entre los átomos en términos de electrones; esta teoría da respuesta a preguntas como:

- ¿Por qué el oxígeno que respiramos es una sustancia cuyas moléculas tienen por dos átomos de oxígeno (O_2)?
- ¿Cómo se explica que el hidrógeno se una con el oxígeno para formar moléculas de agua (H_2O)?
- Si solo se dispone de un número reducido de elementos químicos, ¿por qué existe tal cantidad de sustancias diferentes?

En el átomo, los electrones más estables son los situados en los niveles energéticos más profundos de la corteza atómica. Se puede considerar, desde el punto de vista químico, que los átomos están formados por dos partes: una constituida por el núcleo y los electrones profundos y otra formada por los electrones de la capa electrónica más externa responsable del comportamiento químico.
A los electrones de esta capa se les llama **electrones de valencia** y a dicha capa, **capa de valencia**.



El Atomium (Bruselas). Su forma representa una molécula con los enlaces entre sus átomos. En su interior existe una exposición permanente dedicada al átomo y a la energía nuclear.

Grupo	Configuraciones
1	• Li (2, **1**) • Na (2, 8, **1**) • K (2, 8, 8, **1**)
2	• Be (2, **2**) • Mg (2, 8, **2**) • Ca (2, 8, 8, **2**)
16	• O (2, **6**) • S (2, 8, **6**)
17	• F (2, **7**) • Cl (2, 8, **7**)

Configuración electrónica de algunos elementos. (En negrita, los electrones de valencia.)

Estabilidad

¿Por qué se unen los átomos?

Los cuerpos ordinarios en la naturaleza tienden espontáneamente a alcanzar situaciones de mínima energía porque eso implica una mayor estabilidad. Admitiendo el mismo comportamiento para el mundo de los átomos, se podría afirmar que:

Los átomos se unen porque ello les permite pasar a una situación de **menor energía**, lo cual supone también **mayor estabilidad**.

Cuando dos átomos se unen formando un enlace químico, desprenden una energía llamada **energía de enlace**. Esto es de gran importancia en nuestro mundo, ya que la liberación de esa energía de enlace es la fuente de energía más utilizada hoy en el planeta Tierra.

Un enlace químico se produce como resultado de la interacción electrostática entre los núcleos y los electrones de los átomos que se unen. Solo intervienen los electrones de la capa de valencia, quedando inalterados el núcleo y los electrones más próximos al mismo.

Dos átomos, cuando se encuentran distantes, no interaccionan entre sí, pero conforme se van aproximando aparece una atracción entre el núcleo de un átomo y los electrones del otro. Simultáneamente, surge una repulsión entre los dos núcleos cargados positivamente y lo mismo ocurre entre los electrones de los dos átomos cargados negativamente.

Longitud y energía de enlace

La combinación de la atracción núcleo de un átomo-electrones del otro átomo y las repulsiones núcleo-núcleo y electrones-electrones, hace que exista una distancia de equilibrio entre los núcleos, para la cual la energía del sistema es mínima. Esta distancia es la que se define como longitud de enlace.

Para esta distancia, la energía es mínima y la estabilidad del sistema es máxima.

Por tanto, los átomos se enlazan porque adoptan una posición de energía baja y de mayor estabilidad. Esta conclusión queda confirmada experimentalmente con el aporte de energía que se necesita para separar los átomos.

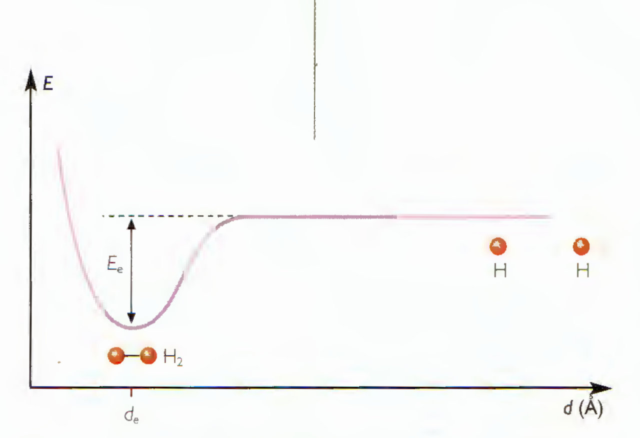
La energía de la molécula de hidrógeno es menor que la suma de las energías de los dos átomos que la forman. Esta diferencia de energías se conoce como energía de enlace (E_e) y se define como la energía necesaria para romper el enlace entre dos átomos separándolos a una distancia infinita. Las energías de enlace se dan en kilocalorías por mol de moléculas formadas o separadas.

La longitud del enlace se mide en angstrom (Å): 1 Å = 10^{-10} m. Para el hidrógeno (H_2):

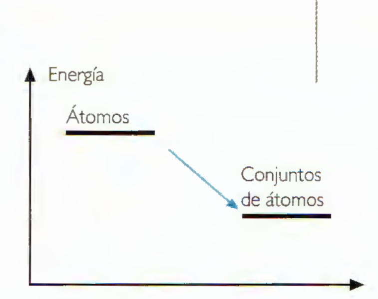
$$E_{H_2} = 103 \text{ kcal/mol} \quad ; \quad d_{H_2} = 0{,}74 \text{ Å}$$



Los cuerpos tratan de adoptar espontáneamene los estados de mínima energía. El paracaidista tiene menos energía potencial en el suelo que en el aire.



Representación gráfica de la energía del enlace entre dos átomos de hidrógeno frente a la distancia que los separa.



Gas noble		Distribución de electrones		
Símbolo	Z	Nivel 1.°	Nivel 2.°	Nivel 3.°
He	2	2		
Ne	10	2	8	
Ar	18	2	8	8

Metal		Distribución de electrones		
Símbolo	Z	Nivel 1.°	Nivel 2.°	Nivel 3.°
Li	3	2	1	
Li^+	3	2	0 ($1e^-$ − $1e^-$)	
Na	11	2	8	1
Na^+	11	2	8	0 ($1e^-$ − $1e^-$)

No metal		Distribución de electrones		
Símbolo	Z	Nivel 1.°	Nivel 2.°	Nivel 3.°
F	9	2	7	
F^-	9	2	8 ($7e^-$ + $1e^-$)	
Cl	17	2	8	7
Cl^-	17	2	8	8 ($7e^-$ + $1e^-$)

El octeto

Una manera de conseguir el «octeto» es perdiendo o ganando electrones:

- El cloro (Cl: 2, 8, 7), con 7 electrones externos, tiende a captar uno más y se convierte en Cl^-.
- Al sodio (Na: 2, 8 ,1) le resulta más fácil perder un electrón y no captar siete. Queda convertido en Na^+.

Regla del octeto

Los gases nobles (He, Ne, Ar...) se encuentran en la naturaleza en forma atómica y no tienden a formar compuestos químicos. Los átomos de los gases nobles se caracterizan por tener todos sus niveles y subniveles energéticos completamente llenos. La estabilidad de los gases nobles se asocia con la estructura electrónica de su última capa, que queda completamente llena con ocho electrones.

Así se establece la regla del octeto, que permite explicar la formación de moléculas y compuestos químicos debido a la tendencia de los átomos a adquirir la configuración electrónica estable del gas noble más próximo a ellos (completar con ocho electrones su última capa).

El octeto, ocho electrones de valencia, es una disposición electrónica muy estable que coincide con la de los gases nobles, que son elementos de una gran estabilidad.

Queda fuera de la regla del octeto el helio (He), gas noble que pertenece al primer período y es estable con dos electrones.

El hidrógeno tiene un electrón de valencia y le hace falta un electrón para adquirir la configuración electrónica estable del He.

La formación de iones

Los átomos son neutros si tienen el mismo número de protones y de electrones, pero también pueden ganar o perder electrones y convertirse en iones, que pueden ser positivos o negativos. En este caso, el número de protones y el número de electrones ya no es el mismo, por tanto, el átomo ya no es neutro.

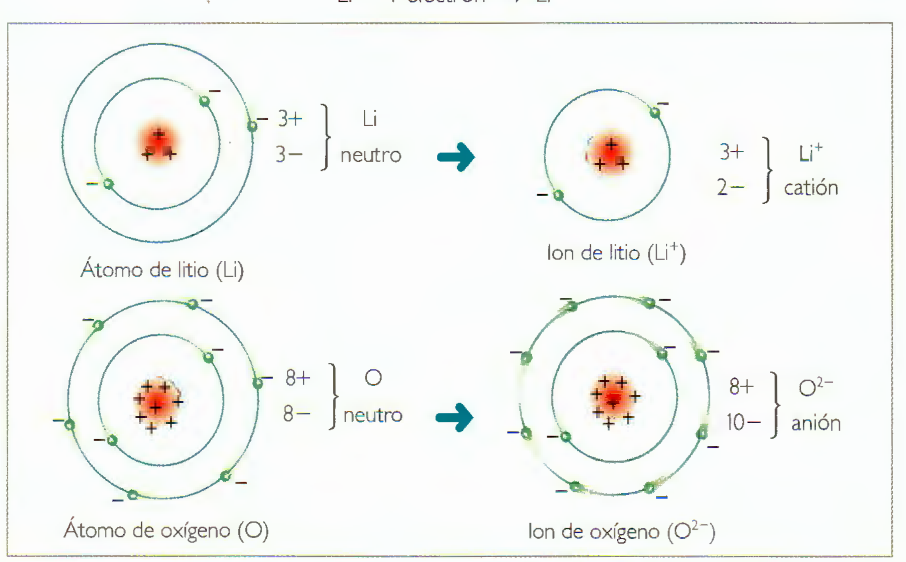
Si un átomo gana electrones, quedará con exceso de carga negativa, transformándose en un **ion negativo** o **anión**.

Si el azufre, $_{16}S$, que tiene 16 protones y 16 electrones, gana dos electrones, tendrá un exceso de dos cargas negativas. Se expresa así:

$$S + 2\ \text{electrones} \Rightarrow S^{2-}$$

Cuando un átomo pierde electrones, queda con exceso de carga positiva y se llama **ion positivo** o **catión**. Si el litio, Li, que tiene tres protones y tres electrones, pierde un electrón, tendrá un exceso de una carga positiva. Se expresa así:

$$Li - 1\ \text{electrón} \Rightarrow Li^+$$





CÓMO HACER

- **Observar la siguiente tabla y responder a las cuestiones:**

Especie atómica	1	2	3	4
Z	38	7	7	16
A	87	14	16	32
N.° de protones	38	7	7	16
N.° de neutrones	49	7	9	16
N.° de electrones	36	7	7	18

a) ¿Qué especie es un ion negativo?
b) ¿Cuál de ellas es un ion positivo?
c) ¿Cuáles son isótopos?

a) La especie 4 (tiene 18 electrones y 16 protones).
b) La especie 1 (tiene 36 electrones y 38 protones).
c) Las especies 2 y 3, pues ambas tienen 7 protones en el núcleo, pero diferente número de neutrones.

- **Dados los átomos: $^{32}_{16}S$ y $^{39}_{19}K$, determinar:**

a) La estructura de su núcleo.
b) Su configuración electrónica.
c) Su posición en el sistema periódico.
d) ¿Son metales o no metales?
e) ¿Qué iones estables formarán?

a) El núcleo atómico está formado por protones y neutrones, siendo:

n.° de protones = Z; n.° de neutrones = A − Z

La estructura de los núcleos será:

S: Z = 16; A = 32

– N.° de protones = 16
– N.° de neutrones = 32 − 16 = 16

K: Z = 19; A = 39

– N.° de protones = 19
– N.° de neutrones = 39 − 19 = 20

b) En un átomo neutro: n.° de electrones = n.° de protones.

S: 16 electrones distribuidos en:

– 1.ª capa: 2 electrones.
– 2.ª capa: 8 electrones.
– 3.ª capa: 6 electrones.

S → (2, 8, 6)

K: 19 electrones distribuidos en:

– 1.ª capa: 2 electrones.
– 2.ª capa: 8 electrones.
– 3.ª capa: 8 electrones.
– 4.ª capa: 1 electrón.

K → (2, 8, 8, 1)

c) La posición en el sistema periódico es función de la configuración electrónica:

– El período coincide con el número de capas electrónicas.
– El grupo coincide con el número de electrones de valencia.

S: período 3 (3 capas electrónicas); grupo 16, familia del oxígeno (6 electrones de valencia).

K: período 4 (4 capas electrónicas); grupo 1, alcalinos (1 electrón de valencia).

d) S: es un no metal, ya que tiene 6 electrones en la última capa y, por tanto, tiende a aceptar los dos que le faltan para completarla con 8 electrones.

K: es un metal, ya que tiene un solo electrón en la última capa y, por tanto, tiende a perderlo dejando completa la capa anterior.

e) $S + 2e^- \Rightarrow S^{2-}$

El ion S^{2-} es estable porque tiene 8 electrones en su última capa (2, 8, 8).

$K \Rightarrow K^+ + 1e^-$

El ion K^+ es estable porque tiene 8 electrones en su última capa (2, 8, 8).



SABÍAS QUE...

Los gases nobles

Los gases nobles, debido a su escasa reactividad química, se emplean en entornos en los que interesa que no se produzcan cambios químicos. Por ejemplo, en el interior de las lámparas se emplea un gas inerte: el argón. Si hubiese aire, el filamento metálico reaccionaría rápidamente con el oxígeno, inutilizando la lámpara.



Tipos de enlace químico

Una manera sencilla de explicar el que los átomos se unan para formar diversas sustancias es suponer que se combinan para alcanzar una estructura más estable. Por esto se puede considerar al enlace químico como un incremento de estabilidad.

Para lograr ese estado ideal, los átomos suelen utilizar una o varias de estas tres estrategias: ceder o captar electrones, compartir electrones con otro átomo o ponerlos en común junto con otros muchos. De estas tres posibilidades nacen los tres tipos de enlace químico: **iónico**, **covalente** y **metálico**.

El enlace iónico

El enlace iónico consiste en la unión de iones con cargas de signo contrario, mediante fuerzas de tipo electrostático, formando grandes cristales de iones positivos y negativos, llamados cristales iónicos.



El cloruro de sodio, conocido popularmente como sal, es el compuesto más representativo de los que forman un enlace iónico.

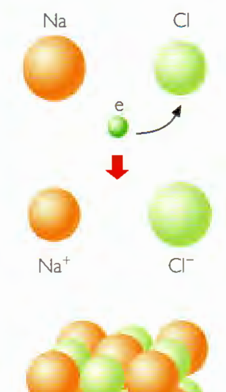
Formación de compuestos iónicos

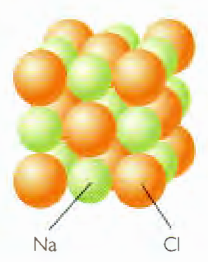
Cuando reaccionan elementos muy electronegativos (con mucha tendencia a ganar electrones) con elementos muy electropositivos (con tendencia a perder electrones), tiene lugar este tipo de enlace.

Se llama enlace iónico porque los átomos, para unirse, se convierten en iones; es decir, ganan o pierden electrones.

El enlace iónico se produce normalmente cuando se unen metales con no metales.

- Los metales forman iones positivos.
- Los no metales forman iones negativos.





Estructura de los cristales de cloruro de sodio. Cada ion cloro está rodeado de seis iones sodio y cada ion sodio, a su vez, rodeado por seis iones cloro.

La sal común: el mejor ejemplo

Para explicar la formación de un compuesto iónico, nos fijamos en el proceso de formación del cloruro de sodio, NaCl, más conocido por sal común.

Podemos distinguir las siguientes etapas:

1. Cada átomo de sodio cede un electrón a un átomo de cloro y se convierten el átomo de sodio en ion positivo y el de cloro en ion negativo. Observa atentamente el dibujo.

$$Na \Rightarrow Na^{+} + 1e^{-}$$
$$Cl + 1e^{-} \Rightarrow Cl^{-}$$

2. El proceso de cesión de un electrón del átomo de sodio al de cloro se repite con muchos pares de átomos de sodio y cloro, porque en una reacción real intervienen incontables pares.
3. Una vez formados los iones, para aumentar las atracciones entre los iones de distinto signo y reducir al mínimo las repulsiones entre iones de igual signo, los iones Na^{+} y Cl^{-} se colocan de forma ordenada, en una red cristalina.
4. Los iones situados en la red cristalina están unidos por fuerzas de tipo electrostático (fuerzas de Coulomb) que mantienen la estabilidad del compuesto.

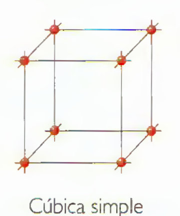
Como hemos visto, la formación del cristal iónico se produce tras una serie de etapas, conocidas técnicamente como ciclo de Born-Haber, que pueden resumirse en dos:

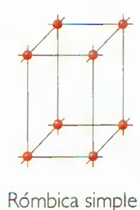
1. Formación de los iones.
2. Constitución del cristal iónico.

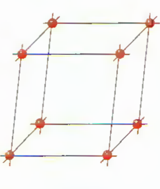
En los compuestos iónicos no existen moléculas propiamente dichas, sino agregados de iones en la proporción indicada por su fórmula, los cuales constituyen la red cristalina. La ruptura de esta red, por fusión, disolución…, requiere el aporte de energía.

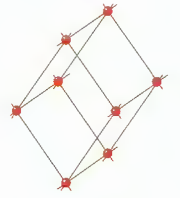
Estructura de los cristales iónicos

Las sustancias iónicas presentan unas estructuras muy ordenadas, muy cristalinas, ya que los iones que las conforman suelen ocupar unas posiciones en el espacio tales que determinan figuras geométricas regulares, como cubos, tetraedros u octaedros. Por esta razón, a la estructura formada la hemos llamado **cristal iónico**.


Cúbica simple


Rómbica simple


Triclínica


Romboédrica

Son ejemplos de sustancias iónicas todas las sales (cloruros, sulfuros, carbonatos, nitratos, sulfatos...) y los óxidos básicos, constituidos por oxígeno y un metal.

Propiedades de los compuestos iónicos

Los compuestos iónicos poseen una estructura cristalina independientemente de su naturaleza. Este hecho confiere a todos ellos unas propiedades características, entre las que destacan:

- Son sólidos a temperatura ambiente. Son tan fuertes las fuerzas de atracción que los iones siguen ocupando sus posiciones en la red, incluso a centenares de grados de temperatura. Por tanto, son rígidos y funden a temperaturas elevadas.
- En estado sólido no conducen la corriente eléctrica, pero sí lo hacen cuando se hallan disueltos o fundidos. Al introducir dos electrodos, uno positivo y otro negativo, en una disolución iónica, se crea un flujo de electrones al ser los iones repelidos por el ánodo y atraídos por el cátodo (y viceversa para los cationes). Este fenómeno se denomina conductividad iónica.
- Tienen altos puntos de fusión y de ebullición debido a la fuerte atracción entre los iones. Por ello pueden usarse como material refractario.
- Son duros y quebradizos. La dureza, entendida como oposición a ser rayado, es considerable en los compuestos iónicos; al suponer el rayado la ruptura de enlaces por un procedimiento mecánico, este resulta difícil debido a la estabilidad de la estructura cristalina.
- Ofrecen mucha resistencia a la dilatación. Porque esta supone un debilitamiento de las fuerzas intermoleculares o iónicas.
- Son muy solubles en agua. Estas disoluciones son buenas conductoras de la electricidad (se denominan electrólitos).


Cristal iónico. Los cristales iónicos tienen los átomos unidos por uniones muy fuertes.


CÓMO HACER

¿Qué tipo de compuesto darán el magnesio (Z → 2, 8, 2) y el cloro (Z → 2, 8, 7)?

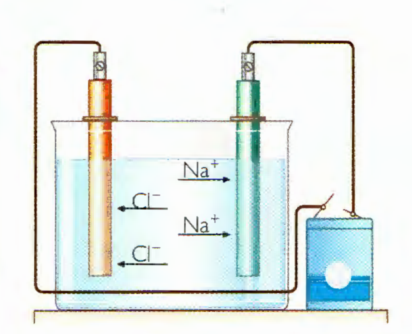
Como son un metal y un no metal, darán un compuesto iónico.

Además: Mg (2, 8, 2) − 2 electrones ⇒ Mg^{2+} (2, 8)

Cl (2, 8, 7) + 1 electrón ⇒ Cl^- (2, 8, 8)

Cada magnesio se neutraliza con dos cloros. Por tanto, es una red cristalina iónica en la que por cada dos Cl^- hay un Mg^{2+}. (Dos aniones por cada catión.)

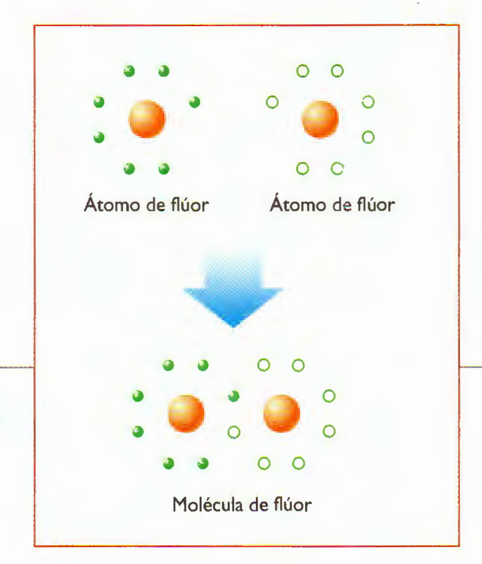
La fórmula del compuesto será: $MgCl_2$.



Conducción de corriente eléctrica en una disolución de un compuesto iónico.

El enlace covalente

El enlace covalente se suele producir entre átomos gaseoso no metálicos, en los que se comparten pares de electrones para aproximarse al gas noble más cercano.



Formación de sustancias covalentes

El enlace covalente se basa en la compartición de pares de electrones por dos átomos, cada uno de los cuales aporta uno de los electrones del par. Así, los dos alcanzan el número de electrones «deseado».

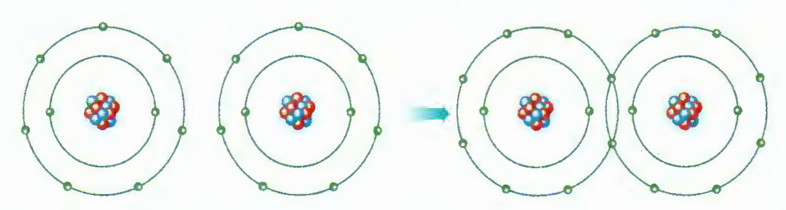
Se constituye entre átomos iguales o entre átomos que difieren poco en carácter electronegativo; es decir, átomos de no metales. A estas agrupaciones de átomos formadas mediante enlaces covalentes se las llama **moléculas**.

El flúor, por ejemplo, tiene siete electrones; por tanto, le falta uno para conseguir los mismos que el neón. Si un átomo de flúor cede un electrón a otro átomo del mismo elemento, y, a cambio, el segundo le cede parcialmente otro de los suyos al primero, el resultado es que los dos consiguen, compartiendo este par de electrones, rodearse de ocho electrones, los mismos que el neón.

Moléculas y redes de iones

Es en el enlace covalente cuando hablamos de moléculas; es decir, de grupos de átomos enlazados.

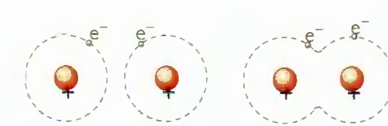
En las sustancias iónicas, que ya has estudiado, no hay moléculas, sino redes infinitas de iones. Por eso son sólidas.



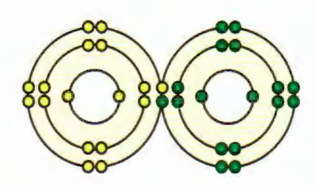
Cada átomo de flúor tiene siete electrones en su última capa.

Ambos átomos comparten dos electrones. Ahora, cada átomo de flúor tiene ocho electrones.

Así se forman muchas sustancias puras, unas simples, como el hidrógeno (H_2), oxígeno (O_2), nitrógeno (N_2) y los cuatro primeros halógenos: flúor (F_2), cloro (Cl_2), bromo (Br_2) y yodo (I_2); y otras compuestas, como el agua (H_2O) o el metano (CH_4).



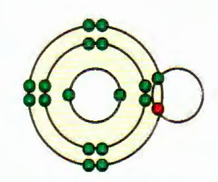
Enlace covalente del hidrógeno. El hidrógeno, que tiene un solo electrón, comparte este con otro átomo de hidrógeno, logrando una estructura estable, la correspondiente al helio; los dos electrones son comunes a ambos átomos.



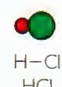
Molécula de cloro. Enlace simple (un par de electrones compartidos).



Cl–Cl
Cl_2



Molécula de cloruro de hidrógeno. Enlace simple.



H–Cl
HCl

Los diagramas de Lewis

Los diagramas de Lewis son una manera sencilla de representar a los átomos que se van a enlazar. Consiste en escribir el símbolo del átomo rodeado de tantos puntos como electrones tiene en el último nivel.

Utilizando los diagramas de Lewis, la molécula de H_2 la representamos:

$$H:H \quad \text{o también} \quad H-H$$

Donde (:) representa el par de electrones de enlace, que también puede ser representado por un pequeño trazo rectilíneo (–).

En otras moléculas, para conseguir la formación de la estructura de gas noble (octeto) es necesario que se compartan más de un par de electrones. Así, en el caso de la molécula de O_2, dos pares de electrones; y tres pares, en la molécula de N_2.

Las moléculas covalentes formadas por átomos diferentes se representan de la misma forma que las formadas por átomos iguales.

H. .O. He. .F.

.C. .Ne. .N. .Cl.

Diagramas de Lewis de diversos no metales.

	Molécula de H_2 (enlace simple)	Molécula de O_2 (enlace doble)	Molécula de HCl (enlace simple)	Molécula de N_2 (enlace triple)
Diagramas de Lewis	H. .H ↓ H – H	.O. .O. ↓ O = O	H. .Cl. ↓ H – Cl	.N: :N. ↓ N ≡ N
Fórmula	H_2	O_2	HCl	N_2

Enlace covalente homopolar y heteropolar

Cuando se unen átomos iguales por medio de un enlace covalente, tal como sucede en los casos de H_2, O_2, Cl_2, etc., los electrones compartidos están simétricamente situados respecto de ambos átomos y la distribución de las cargas eléctricas negativas es uniforme dentro de la molécula. A este enlace se le llama enlace **covalente homopolar** (o **no polar**).

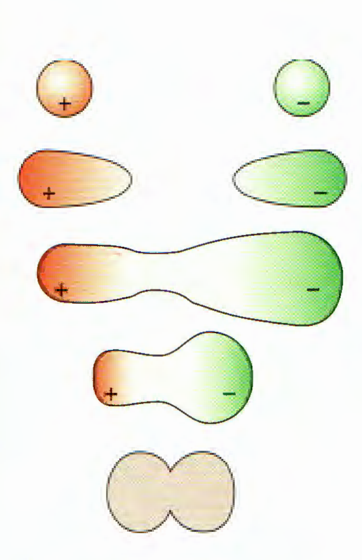
En los casos del amoniaco, NH_3, del agua, H_2O, etc., la distribución de las cargas eléctricas negativas no es simétrica: hay una mayor densidad de carga negativa en la proximidad del elemento más electronegativo, mientras que en la proximidad del otro hay una mayor densidad de carga positiva. Como consecuencia, se forma una molécula con dos polos eléctricos, uno positivo y el otro negativo, molécula que recibe el nombre de **dipolo**. Decimos que una molécula tiene un enlace **covalente heteropolar** (o **polar**), cuando forma un dipolo.

Este es el caso del cloruro de hidrógeno, HCl, gas que disuelto en agua se denomina ácido clorhídrico. El cloro es un átomo más electronegativo que el hidrógeno; tiene más tendencia a atraer el par de electrones de enlace, lo que origina una cierta polaridad en la molécula, un polo positivo en el átomo de hidrógeno y uno negativo en el átomo de cloro:

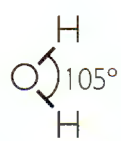
$$Cl^- - H^+$$

Cuando las moléculas de HCl se disuelven en agua, se rompe el enlace; pero se forman los iones que existían en la molécula gaseosa.

La polaridad del enlace es un índice del grado de carácter iónico de un enlace covalente. Existe toda una gradación en el enlace químico entre el iónico puro y el covalente homopolar. En la figura de la derecha se presentan los modelos estructurales correspondientes a esta gradación.

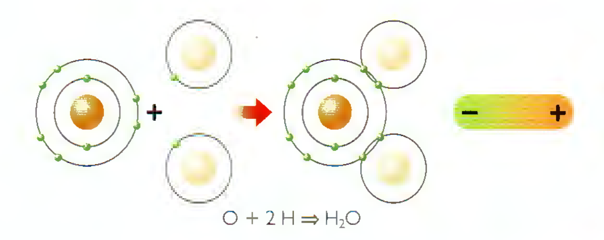


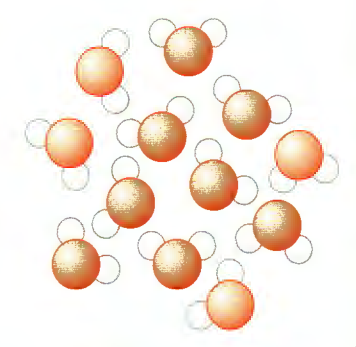
Gradación de polaridad entre el enlace iónico y el enlace covalente homopolar.



Disposición de la molécula de agua y esquema del dipolo que forma.

En el agua, H_2O, el hidrógeno tiene un electrón de valencia, y el oxígeno, seis electrones. Al unirse para adquirir una estructura estable, cada hidrógeno comparte un electrón con el oxígeno, y así adquieren una estructura estable con dos electrones.

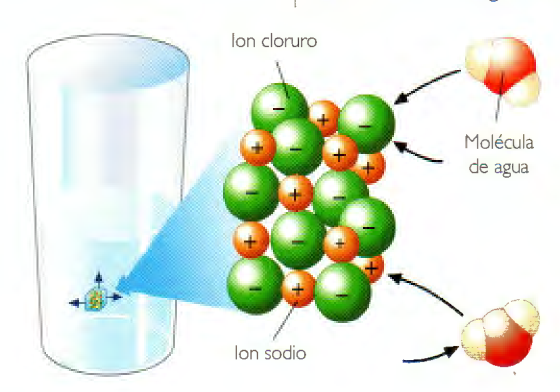



Moléculas de agua.

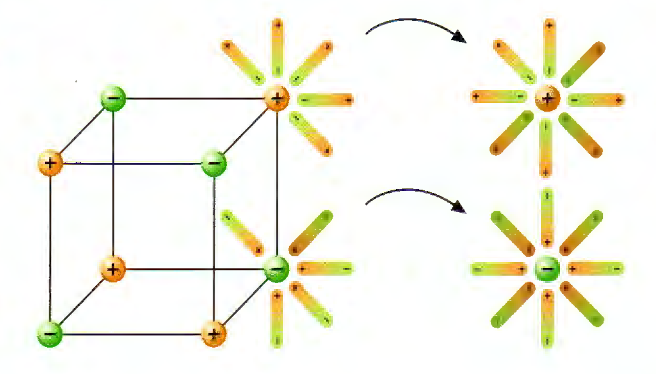
El oxígeno adquiere una estructura estable de ocho electrones, con los dos electrones que comparte con los hidrógenos. Los electrones compartidos son atraídos con más fuerza por el oxígeno que por el hidrógeno, por ser el oxígeno más electronegativo y, como consecuencia, los electrones se concentran en torno al oxígeno.

La molécula de agua es un dipolo con el polo negativo del lado del oxígeno y el polo positivo en la zona donde están los hidrógenos. También en la molécula de agua se produce un desplazamiento de los núcleos de los átomos respecto a las capas electrónicas; a este fenómeno se le conoce con el nombre de **deformación atómica**.

La causa de que el agua sea el mejor disolvente de las sustancias iónicas es la polaridad de sus moléculas. Así, cuando una sustancia iónica se pone en contacto con los dipolos que forman las moléculas del agua, estos se orientan en sentido opuesto a la polaridad del ion y provocan una disminución de la fuerza de atracción electrostática entre los iones del cristal hasta lograr su disgregación.



Las moléculas de agua, al interponerse entre los iones de la sal, producen su disolución.


Al disolver sal en agua, lo que hacemos es separar los iones de la sal con los dipolos del agua.

? SABÍAS QUE...

Sal en la dieta

La sal es vital para el organismo, aunque en exceso es perjudicial para quienes padecen alguna enfermedad renal, al elevar la presión sanguínea. Este es un factor que interviene en los ataques cardiacos y las hemorragias cerebrales.

En el mundo desarrollado, la preocupación por este tema ha llevado a muchos fabricantes a producir alimentos «bajos en sal», y aunque es muy mala la prensa que tiene la sal, en otros países podría ser de una ayuda inestimable para salvar vidas.

La diarrea y la deshidratación causan en algunos países millones de muertes cada año. Tomando simplemente ocho cucharadas pequeñas de azúcar y una de sal disueltas en medio litro de agua podría salvarse la vida de un niño enfermo.

Cuando los iones que forman el cristal se separan, quedan rodeados por los dipolos del agua, es decir, por el disolvente, lo que les impide reagruparse de nuevo. Este fenómeno se denomina **solvatación**, y los iones rodeados por los dipolos, iones solvatados.

Enlace covalente coordinado o dativo

Este enlace tiene lugar entre átomos distintos. Enlace covalente coordinado o dativo entre dos átomos es el enlace en el que cada par de electrones compartido por dos átomos es aportado por uno de los átomos. El átomo que aporta el par de electrones se denomina **dador**, y el que lo recibe, **receptor**.

El enlace coordinado se representa por medio de una flecha (→) que parte del átomo que aporta los dos electrones y se dirige hacia el que no aporta ninguno. Un ejemplo de enlace coordinado lo tenemos cuando se forma el catión amonio, NH_4^+, a partir del amoniaco, NH_3, y del ion de hidrógeno, H^+.

$$\begin{matrix} \mathrm{H} \\ \mathrm{H{:}\ddot{N}{:}} \\ \mathrm{\ddot{H}} \end{matrix} + \mathrm{H^+} \Rightarrow \left[\begin{matrix} \mathrm{H} \\ \mathrm{H{:}\ddot{N}{:}} \rightarrow \mathrm{H} \\ \mathrm{\ddot{H}} \end{matrix}\right]^+$$

En la reacción anterior, el amoniaco se une con un protón H^+ para formar el ion amonio, NH_4^+. El amoniaco aporta un par de electrones que son compartidos por el ion H^+, el cual adquiere de esta forma la configuración estable del gas noble He.

Propiedades de las sustancias covalentes

Las sustancias covalentes en general se caracterizan porque:

- Tienen bajos puntos de fusión y de ebullición.
- Cuando se trata de cuerpos sólidos, son relativamente blandos y malos conductores del calor y de la electricidad.
- Son bastante estables y de escasa reactividad (el enlace covalente es fuerte).

Por tanto, en las sustancias covalentes podemos distinguir:

- Gases, como O_2, H_2, N_2, CO_2. Los átomos en cada molécula están unidos por enlaces covalentes, pero entre ellas las fuerzas de unión son muy débiles; las moléculas están dispersas y, por tanto, forman sustancias gaseosas.
- Líquidos, como el H_2O. Las fuerzas de unión entre las moléculas de agua son más intensas. Las moléculas permanecen en contacto, aunque con libertad para deslizarse unas sobre otras. Por tanto, esta sustancia, agua, es líquida.
- Sólidos, como el yodo, el diamante o el óxido de silicio (cuarzo). Estos dos últimos son muy duros, mucho más que los sólidos iónicos, y con altos puntos de fusión y ebullición. En el diamante, cada átomo de carbono se une con otros cuatro, formando una red cristalina covalente.



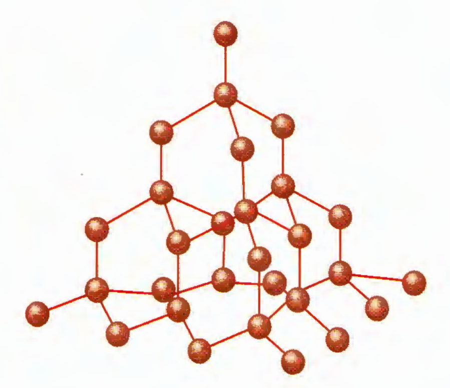
Aplicaciones del grafito

En el grafito, los átomos se disponen en planos relativamente distanciados y entre sí, porque es fácil separar estas capas. Una de las aplicaciones de este fenómeno son los lápices que usamos a diario: las minas son de grafito.





Diamantes en bruto, sin tallar.



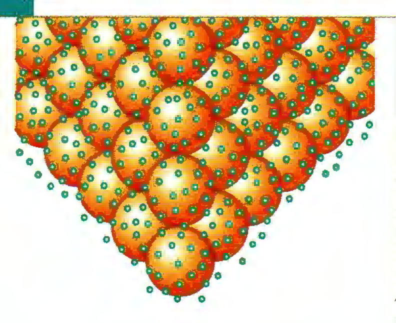
Red cristalina del diamante.



Diamante tallado.

El enlace **metálico**

Un pedazo de cualquier metal: hierro, plata, oro…, está formado por miles de millones de átomos de dicho elemento unidos mediante enlace metálico. Algunos metales, como el sodio y el magnesio, pueden extraerse de los océanos donde se encuentran disueltos. Los demás metales se suelen obtener a partir de depósitos minerales que se hallan encima o debajo de la superficie terrestre.



Enlace metálico: cationes empaquetados inmersos en una nube electrónica.

Platino (Pt).



Mercurio (Hg).

Formación de cristales metálicos

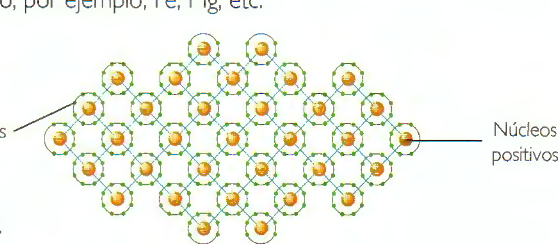
Los átomos del metal se distribuyen en el espacio de forma muy ordenada, determinando estructuras cristalinas, llamadas **cristales metálicos**, geométricamente regulares: cubos, prismas…

Podemos imaginar la formación de uno de estos cristales así:

1. Todos los átomos se desprenden de los pocos electrones que les sobran para alcanzar la estructura de el gas noble más cercano, que suele ser el del período anterior. El conjunto de electrones forma la «nube electrónica» o «gas electrónico».
2. Los iones positivos o cationes resultantes se empaquetan conformando un cuerpo geométrico regular. Como son cargas eléctricas del mismo signo, tienden a repelerse entre sí, pero el «gas electrónico» se mueve entre los huecos dándole consistencia y estabilidad.

En las sustancias metálicas, como en las iónicas, no hay moléculas, sino redes infinitas de cationes, formando una red cristalina metálica. La fórmula de un metal se representa simplemente con el símbolo del elemento, por ejemplo, Fe, Mg, etc.

Los metales forman aleaciones, es decir, mezclas homogéneas de metales, como el bronce (cobre y estaño) o el latón (cobre y cinc). A veces también hay mezclas con no metales, como, por ejemplo, el acero (hierro y carbono).



Propiedades de los metales

- Casi todos los metales son sólidos a temperatura ambiente (el mercurio, el galio y el cesio constituyen excepciones: son líquidos).
- Se pueden deformar fácilmente: son maleables (pueden extenderse en planchas o láminas) y dúctiles (pueden formar alambres o hilos).
- Son conductores del calor.
- Conducen la corriente eléctrica: si conectamos el metal a los electrodos de una pila, la nube electrónica se puede poner fácilmente en movimiento y circular, creándose una corriente eléctrica. El electrodo negativo repele a los electrones y el positivo los atrae.
- Tienen elevados puntos de fusión y ebullición (salvo aquellos que son líquidos a temperatura ambiente). En el oro, el punto de fusión es de 1.063 °C, y el de ebullición, 2.970 °C.
- Poseen brillo metálico y densidad elevada (excepto el litio, el sodio y el potasio, todos son más densos que el agua). El oro, por ejemplo, tiene una densidad de 19,3 g/cm^3.

PARA SABER MÁS

Los «cinco magníficos»

Entre las muchas clases de sustancias puras que nos regala la naturaleza están los metales. Han tenido una importancia decisiva en la historia de la humanidad. Ahí está la Edad de los Metales, la exaltación y búsqueda del oro, la utilización del hierro en el desarrollo industrial, el uso del cobre en los tendidos eléctricos, la invasión del plomo y del aluminio en nuestra vida doméstica, la permanente búsqueda de aleaciones adecuadas para determinadas necesidades, etcétera.

Los metales han sido y son fuente de preocupación científica y factores de progreso en todos los ámbitos de actividad humana.

Metales hay muchos y muy variados. Vamos a fijarnos ahora en cinco de ellos porque pueden ser representativos de casi todos los demás. Son nuestros «cinco magníficos»: el sodio, el magnesio, el hierro, el cobre y la plata.

Todos presentan brillo metálico, conducen bien el calor y la electricidad, se pueden extender en láminas (maleables) y estirar en hilos (dúctiles).



Magnesio (Mg).

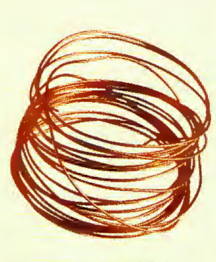
Metal	Propiedades físicas		
	Densidad (g/cm^3)	Temperatura de fusión (°C)	Temperatura de ebullición (°C)
Sodio	0,97	98	892
Magnesio	1,75	651	1.107
Hierro	7,86	1.535	3.000
Cobre	8,96	1.083	2.595
Plata	10,5	960	2.210



Hierro.

Metal	Propiedades químicas
Sodio	• Muy activo químicamente. • Reacciona rápidamente con el oxígeno del aire, recubriéndose de una capa de óxido de sodio. • Reacciona violentamente con el agua (baile del sodio), formando hidróxido de sodio e hidrógeno. Reacción muy peligrosa. • Reacciona con los ácidos, formando sales de sodio.
Magnesio	• Reacciona con el oxígeno produciendo una gran llama. • Reacciona muy lentamente con el agua. • Reacciona con los ácidos, produciendo sales de magnesio.
Hierro	• Se oxida lentamente con el oxígeno del aire; más deprisa en presencia de humedad. • Con el agua, solo reacciona con su vapor a muy altas temperaturas. • Reacciona con los ácidos formando sales de hierro.
Cobre	• Muy poco activo químicamente. Se altera muy poco en el aire. • Reacciona solo con algunos ácidos, como el ácido nítrico.
Plata	• Muy poco activo químicamente. No se altera en el aire. • Solo reacciona con algunos ácidos, como el ácido nítrico.

Pluma de plata.



Hilo de cobre (Cu).

Cambios físicos y cambios químicos

La química no solo se encarga de estudiar las propiedades y composición de las sustancias, sino algunos de los cambios que estas experimentan. A diario nos encontramos fenómenos en los que las sustancias cambian, pero no todos los cambios son del mismo tipo...

La materia cambia



Sabemos que si disolvemos sal común (NaCl) en agua obtenemos una solución, pero podemos obtener otra vez la sal sólida.

Todo nuestro entorno está en continuo cambio: las plantas, los animales, las cosas inanimadas, las naturales y las artificiales. Incluso uno mismo ya no es igual que hace tan solo una millonésima de segundo. Y es que una de las principales características de la materia es que está sometida a continuos cambios.

Un charco de agua que se seca, las hojas que caen en otoño, la lluvia, la madera que arde en una hoguera, el vuelo de un pájaro o una verja de hierro que se oxida... En todos los casos la materia de la que están constituidos estos sistemas se encuentra en proceso de cambio, si bien hay ciertas diferencias entre ellos.

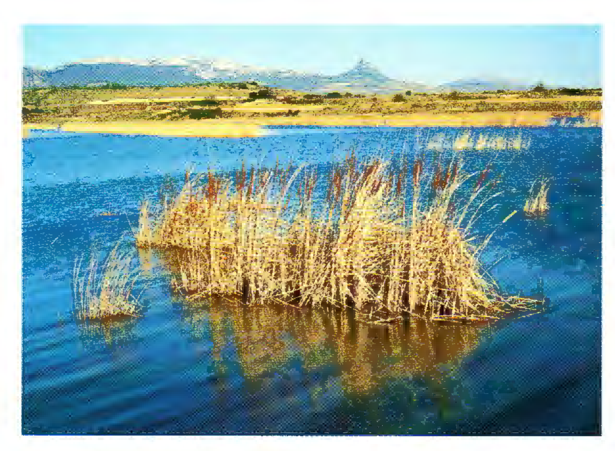
Todas las sustancias presentes en la naturaleza pueden experimentar cambios físicos y cambios químicos.

Cambios físicos

En unos casos la materia no cambia de naturaleza, sigue siendo igual antes de la transformación que después de ella. Así, el agua que estaba en el charco se evapora pasando al aire, donde sigue siendo agua, que volverá a la tierra en forma líquida cuando llueva.

Los cambios en los que no hay variación en la naturaleza de la materia, en los que la sustancia inicial es la misma que la final, se llaman **cambios físicos**.

Ejemplos de cambios físicos son los cambios de estado, forma, tamaño, lugar, velocidad...



Evaporación del agua: cambio físico.



El cambio de posición de las aves es otro ejemplo de cambio físico.

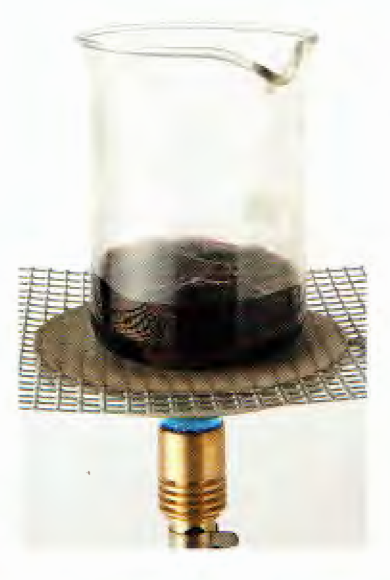
Cambios químicos

Sin embargo, la madera que arde en la hoguera está sufriendo un cambio sustancial. Asimismo, el hierro de una verja cambia su naturaleza al oxidarse convirtiéndose en óxido férrico: el gris refulgente del metal puro se transforma en pardo rojizo tras su combinación con el oxígeno del aire.

Un **cambio químico** es una transformación en la naturaleza de la materia; es decir, una o varias sustancias se transforman en otra u otras diferentes.

Ejemplos de cambios químicos son las combustiones, oxidaciones o descomposiciones.

Los cambios químicos se describen por una **reacción química**.



Calentamos azúcar hasta que aparece un sólido negro. Ahora no es posible obtener otra vez azúcar a partir del sólido.



Combustión: cambio químico.



La oxidación de metales es otro ejemplo de cambio químico.

Cambios artificiales

Hay muchos cambios producidos en el medio ambiente que no son naturales, sino artificiales; esto es, forzados por las personas. Objetos inanimados que se mueven; un material de plástico, producido en los laboratorios y que nunca se hubiera obtenido sin la intervención de las personas...

Algunos son beneficiosos; por ejemplo, cuando se obtienen medicamentos que permiten curar diversas enfermedades y aliviar muchos sufrimientos.

Otros, aunque nos facilitan la vida haciéndola más cómoda, pueden dañar el medio ambiente si no se hace un uso responsable de ellos.

Podríamos mencionar daños producidos por fenómenos físicos, como la contaminación acústica y el impacto paisajístico; o químicos, como la contaminación de tierra, mar y aire por utilización desmesurada de abonos, pesticidas, insecticidas, automóviles...

? SABÍAS QUE...

Física y química de la cocina

Hacer mayonesa, freír papas, hacer una sopa, calentar la leche, etc. Hacer la comida es un verdadero ejercicio de física y química que practicamos a diario sin que seamos conscientes.



La fermentación de los alimentos

Se trata de una reacción química por la cual, a partir de microorganismos adecuados, la harina se transforma en pan, la cebada en cerveza, la leche en yogur y el mosto de la uva en vino.

Leyes de las reacciones químicas

En una reacción química se produce una transformación de la materia: las propiedades características (densidad, color, punto de fusión, etc.) de los productos de la reacción no son las mismas que las de los reactivos.

En el tubo de la derecha se está produciendo una reacción química.



Las ecuaciones químicas

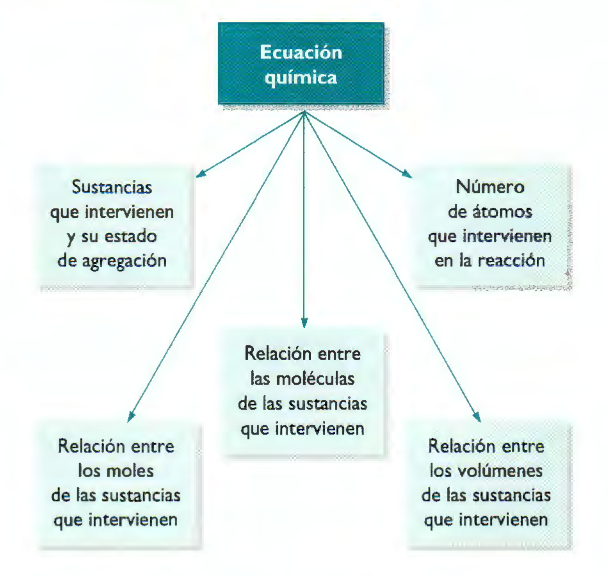
En una ecuación química hay dos términos. En el primero, el de la izquierda, se escriben los reactivos, expresados mediante sus fórmulas químicas correspondientes y separados por un signo más. A la derecha se escribe el segundo término, en el que aparecen los productos, también representados por sus fórmulas químicas y con signos más entre ellos. Entre ambos términos suele ponerse una flecha que indica que se ha producido la reacción química correspondiente.

Reactivos ⇒ Productos

Para poder describir un proceso químico utilizamos las ecuaciones químicas:

Ecuación química; representamos
- Fórmulas químicas de las sustancias que intervienen en la reacción
- Estado de agregación en el que se encuentran las sustancias
- Catalizador si lo hubiera

De una ecuación química podemos obtener una serie de informaciones.



Toda ecuación química debe estar ajustada, debido a que los átomos en una reacción química no varían; por tanto, el número de átomos en los reactivos es el mismo que en los productos; lo que sucede es que los átomos se ordenan de diferente manera.

Pero hay que tener en cuenta que no siempre hay dos sustancias reaccionantes, ni aparece un producto de reacción, sino que existen diversas posibilidades.

Vamos a enunciar dos leyes fundamentales de las reacciones químicas, que tienen que ver con las masas de los reactivos y de los productos.

Ley de Lavoisier o de conservación de la masa

Si una reacción química no es más que la reorganización de una serie de átomos que ya estaban al principio, ¿no deben aparecer esos mismos átomos al final?

El químico francés Lavoisier realizó innumerables experiencias con diversas reacciones químicas midiendo la masa de todos los componentes de la reacción (reactivos y productos). Como resultado de estas experiencias enunció la ley que lleva su nombre:

En una reacción química, **la masa se conserva**. Es decir, **la suma de las masas de los reactivos es igual a la suma de las masas de los productos.**

Ley de Proust o de las proporciones definidas

En 1799, Joseph Louis Proust (1754-1826), un químico también francés como Lavoisier, pero que trabajó en España durante veinte años con elaboradísimas y cuidadosas experiencias, demostró que en las reacciones químicas la relación entre las sustancias reaccionantes siempre era la misma; y también demostró que esta relación no dependía del método de trabajo utilizado en el laboratorio. Así, Proust enunció su ley:

Los reactivos que intervienen en una reacción química lo hacen siempre en una proporción determinada.



En una reacción no siempre se consumen todos los reactivos que intervienen en la misma.

CÓMO HACER

Completar la siguiente tabla, aplicando la ley de Lavoisier, para la reacción que se produce entre el hierro y el oxígeno en la que se forma óxido de hierro (III), según el proceso:

$$Fe + O_2 \Rightarrow Fe_2O_3$$

m_{Fe}(g)	m_{O_2}(g)	$m_{Fe_2O_3}$(g)	m_{Fe}/m_{O_2}
2,10	0,90		
14,30		20,42	
	12,90	43,02	

Justificar que se cumple la ley de Proust (ley de las proporciones definidas).

Según la ley de Lavoisier, se cumplirá que:

$$m_{Fe_2O_3} = m_{Fe} + m_{O_2}$$

Por tanto:

- $m_{Fe_2O_3} = m_{Fe} + m_{O_2} = 2{,}10\ g + 0{,}90\ g = 3{,}00\ g$
- $m_O = m_{Fe_2O_3} - m_{Fe} = 20{,}42\ g - 14{,}30\ g = 6{,}12\ g$
- $m_{Fe} = m_{Fe_2O_3} - m_{O_2} = 43{,}02\ g - 12{,}90\ g = 30{,}12\ g$

Por otra parte, según la ley de Proust, las sustancias que intervienen en una reacción química lo hacen siempre en la misma proporción.

$$\frac{m_{Fe}}{m_{O_2}} = \frac{2{,}10\ g}{0{,}90\ g} \simeq \frac{14{,}30\ g}{6{,}12\ g} \simeq \frac{30{,}12\ g}{12{,}90\ g} = 2{,}33$$

Por tanto, la ley de Proust se cumple, ya que la relación es siempre la misma.

Con los datos obtenidos completamos la tabla:

m_{Fe}(g)	m_{O_2}(g)	$m_{Fe_2O_3}$(g)	m_{Fe}/m_{O_2}
2,10	0,90	**3,00**	**2,33**
14,30	**6,12**	20,42	**2,33**
30,12	12,90	43,02	**2,33**

Ley de Dalton o de las proporciones múltiples

Cuando se unen dos elementos, pueden dar diferentes compuestos. Observemos la siguiente tabla en la que aparece la cantidad de cromo que se combina con 1 g de oxígeno.

Gramos de cromo	Gramos de oxígeno	Relación g cromo/ g oxígeno
3,25	1	3,25/1
2,167	1	2,167/1
1,083	1	1,083/1

Ahora podemos saber que la relación de los gramos de cromo que intervienen en la formación de los óxidos de cromo es:

$$\frac{3,25}{2,167} = \frac{3}{2} \qquad \frac{3,250}{1,083} = \frac{3}{1} \qquad \frac{2,167}{1,083} = \frac{2}{1}$$

¿Qué conclusiones se pueden sacar de estos datos?

Cuando un elemento se combina con otro para dar más de un compuesto, las masas de uno de ellos que se unen a una masa fija del otro están en relación de números enteros y sencillos.

Este enunciado se conoce como ley de Dalton o de las proporciones múltiples.



PARA SABER MÁS

Interpretación de las leyes ponderales

Estas leyes que hemos enunciado anteriormente se conocen como *leyes ponderales* de las reacciones químicas, y, aunque fueron obtenidas experimentalmente, nosotros podemos explicarlas mediante la teoría atómica de la constitución de la materia, como lo hizo Dalton en 1803.

a) La primera ley, la de Lavoisier, podemos explicarla diciendo que, dado que una reacción química no es más que un reordenamiento de los átomos que forman las sustancias, el número total de estos en una reacción debe ser invariable, ya que los átomos no se destruyen en una reacción química.

   Puesto que el número de átomos no puede cambiar, la suma de las masas de los productos de una reacción ha de ser igual a la suma de las masas de los reactivos, es decir, debe cumplirse la ley de Lavoisier.

b) La segunda ley la podemos explicar diciendo que, puesto que los átomos son indivisibles en una reacción química, una sustancia compuesta constará de números enteros de átomos. Es decir, la molécula de agua (H_2O), por ejemplo, constará siempre de dos átomos de hidrógeno y uno de oxígeno, pero nunca de uno de hidrógeno y medio de oxígeno; por consiguiente, siempre que reaccionen el hidrógeno y el oxígeno para formar agua lo harán en una proporción constante.

   En otras palabras, la razón en peso entre los dos reactivos será siempre la misma.

   Por tanto, la idea de la indivisibilidad de los átomos nos permite explicar la ley de Proust.

c) Supongamos que dos elementos pueden combinarse en distintas proporciones para formar compuestos diferentes.

   De nuevo, el hecho de que los átomos son indivisibles en una reacción química hace que se cumpla la ley de Proust, para cada uno de los compuestos que se originan y que la cantidad de átomos de un elemento que se combina con una cantidad fija de otro cambie según números enteros, pues estos no pueden dividirse, es decir, debe cumplirse también la ley de Dalton de las proporciones múltiples.

LECTURA

¿Existe algo que no cambie en un cambio químico?

Algunas personas creen que cuando algo (madera, papel, etc.) se quema, su masa disminuye. Para apoyar esta idea dicen que la ceniza pesa menos y que el humo y los gases calientes que se desprenden no pesan. Otros afirman que, además, hay materia que desaparece. Sin embargo, nada de esto es cierto. La materia está hecha de átomos y estos, en las reacciones químicas, no se pueden destruir ni tampoco crear. Si las cenizas de una chimenea no pesan lo mismo que los troncos de partida es, simplemente, porque falta añadir la masa del vapor de agua, de los gases y del humo desprendidos en la combustión.

Esta idea de la conservación de la masa en los cambios químicos es una consecuencia necesaria de la estructura atómica y molecular de la materia. No obstante, se trata de un principio al que, históricamente, no fue fácil llegar. En pleno siglo XVIII se manejaban todavía hipotéticas sustancias materiales. Una muy importante era el flogisto. Se trataba de una sustancia muy curiosa, a veces se la asociaba con el fuego, no se la podía ver, unas veces no tenía peso y otras tenía peso negativo. Para los químicos, la intervención del flogisto era esencial para explicar algunos cambios. En efecto, en aquella época a un metal oxidado se le llamaba cal. Al calentar una cal se puede producir un cambio químico y obtenerse un metal puro. Así, por ejemplo, si calentamos una cal de hierro (lo que hoy llamamos óxido de hierro), podemos obtener hierro puro. Este cambio se explicaba diciendo que al calentar la cal el flogisto que salía del foco calorífico entraba en ella y la convertía en metal puro. ¿Cómo explicaban entonces que el metal puro pesara menos que la cal? Admitían que el flogisto tenía peso negativo (ligereza).

Antoine-Laurent Lavoiser fue un científico francés que vivió durante el siglo XVIII. Estaba formado en varias ciencias y realizó importantes trabajos en química. Desde el principio se opuso a la teoría del flogisto y otras ideas químicas tradicionales. De hecho, fue una persona que aprovechó muchos de los resultados experimentales obtenidos por otros químicos, aunque, eso sí, dándoles una nueva interpretación. Así, por ejemplo, para Lavoisier, la pretendida absorción de flogisto al calentar una cal de un metal correspondía en realidad a una pérdida de oxígeno, lo cual explicaba que el metal puro pesara menos que la cal (óxido metálico) de la cual se producía.



Lavoisier y su esposa.

Sus trabajos fueron decisivos en la superación de la teoría del flogisto. Sus conclusiones se extendieron a cualquier tipo de cambio químico afirmando que en todo sistema aislado, aunque cambie la masa de algunos componentes, la masa total se debe conservar. A Lavoisier se le atribuye la publicación del primero de los libros de texto de química modernos. Es curioso que, a pesar de sus ideas revolucionarias en química, fuese finamente guillotinado por la Revolución Francesa acusado de conservadurismo político.

SABÍAS QUE...

Los cambios químicos pueden detectarse por diversos indicios, entre otros:

- **Cambio de color.** Es el caso de la formación del precipitado amarillo de la ilustración. Otro ejemplo es el de una llave abandonada a la intemperie, que se oxidará y adquirirá un aspecto diferente. Sin embargo, no siempre que se produce un cambio de color, este corresponde a una reacción química. Por ejemplo, cuando el hierro se calienta, cambia de color.
- **Aparición de burbujas** (como en la reacción del cinc con el ácido clorhídrico). Pero ten cuidado: cuando el agua hierve, también se forman burbujas y el cambio es físico (ebullición).
- **Cambio de temperatura.** Aunque también puede producirse un cambio de temperatura sin que exista una reacción química. Por ejemplo, cuando algunos solutos se disuelven, aumenta la temperatura.



Cantidad de sustancia: el mol

En una reacción química es muy importante calcular las masas de los átomos y moléculas que intervienen en la reacción.



¿Podemos decir que en tres gramos de agua hay un gramo de oxígeno y dos de hidrógeno?

Masa molecular relativa

La masa molecular es relativa y es una magnitud adimensional, porque la comparamos con el valor de otra masa, la del carbono 12.

Por ejemplo, cuando decimos que la masa molecular del agua es 18, indicamos que es 18 veces mayor que la doceava parte del átomo del carbono 12.

Concentración molar (*M*)

Es otra manera de expresar la concentración de las soluciones.

En lugar de expresar los gramos de soluto por cada litro de solución, podemos poner los moles de soluto por cada litro de solución.

$$\text{Molaridad} = \frac{\text{Cantidad de sustancia (mol)}}{\text{Volumen solución (l)}}$$

Si tenemos 50 g de NaCl en 2 litros de solución, su concentración será:

$$\frac{50\ \text{g}}{2\ \text{l}} = 25\ \text{g/l}$$

O bien:

Masa molecular de NaCl = 58,5

$$n = \frac{50\ \text{g}}{58{,}5\ \text{g/mol}} = 0{,}85\ \text{mol NaCl}$$

Por tanto:

$$\frac{0{,}85\ \text{mol}}{2\ \text{l}} = 0{,}43\ \text{mol/l}$$

Masa molecular

Como ya vimos, expresamos la masa relativa de los átomos con la unidad de masa atómica (u).

La masa molecular, *M*, es la suma de las masas atómicas de los átomos que integran la molécula. Calculamos la masa molecular del H_2O y del CO_2:

- H_2O. La masa atómica relativa del hidrógeno es 1 y la del oxígeno es 16. La masa molecular del agua será $16 + (2 \cdot 1) = 18$.
- CO_2. La masa atómica relativa del carbono es 12, y la del oxígeno es 16. La masa molecular del dióxido de carbono será: $12 + (2 \cdot 16) = 44$.

El mol

Para relacionar la masa de los átomos y las moléculas con una cantidad fácil de medir en el laboratorio, los químicos han definido la magnitud **cantidad de sustancia** y su unidad, el **mol**. La definición de mol según la IUPAC es:

El mol es la cantidad de sustancia que contiene el mismo número de partículas (átomos, moléculas, iones...) como átomos hay en 0,012 kg de carbono 12.

También podemos decir que:

Un mol de cualquier sustancia equivale a la masa molecular expresada en gramos.

Calculamos un mol de H_2O y un mol de CO_2:

- La masa molecular del agua es 18: un mol de agua son 18 g de agua.
- La masa molecular del CO_2 es 44: un mol de CO_2 son 44 g de CO_2.

Cálculo de cantidad de sustancia

Podemos calcular la cantidad de sustancia (en moles) que hay para una cierta masa de cualquier sustancia de la siguiente forma:

$$n\ (\text{mol}) = \frac{m\ (\text{g})}{M\ (\text{g/mol})}$$

CÓMO HACER

Hallar la cantidad de sustancia que hay en 36 gramos de agua.

La masa molecular del agua es 18. Por tanto, 1 mol de agua son 18 g.

$$n\ (\text{mol}) = \frac{36\ \text{g}\ H_2O}{18\ \text{g/mol}\ H_2O} = 2\ \text{mol de}\ H_2O$$

Número de Avogadro

En la definición de mol hemos relacionado la cantidad de sustancia con el número de átomos que hay en 12 g de carbono 12. Pero, ¿cuántas partículas hay en un mol de sustancia?

En 1811, Amedeo Avogadro (1776-1856) determinó que este número era $6{,}022 \cdot 10^{23}$, y se representa como N_A (número de Avogadro). Basándose en las experiencias de Joseph-Louis Gay-Lussac (1778-1850) con los gases, Avogadro llegó a determinar el número de partículas de un mol.

Ya podemos establecer otra definición de mol:

Un mol es la cantidad de sustancia que tiene $6{,}022 \cdot 10^{23}$ partículas.

Para los gases

Gay-Lussac determinó que todos los gases aumentaban en la misma proporción su volumen al aumentar la temperatura, Avogadro pensó que todos los gases tenían el mismo número de partículas; se entiende que a una temperatura dada y por unidad de volumen.

Por tanto, en las mismas condiciones de presión y temperatura: si un gas tiene el doble de volumen que otro, el número de partículas también será el doble.

Así se determina que:

Un mol de cualquier gas a 0 °C y 1 atm de presión (condiciones normales) ocupa 22,4 litros.

Condiciones normales (c.n.)

Cuando se habla de condiciones normales, hacemos referencia a las condiciones de presión y temperatura.

- Presión: 1 atm.
- Temperatura: 0 °C (273 K).



CÓMO HACER

Sabiendo que la masa atómica del carbono es 12 y la del oxígeno es 16, ¿cuál será la masa molecular del dióxido de carbono? ¿Cuántos moles, moléculas y átomos de oxígeno habrá en 132 g de dicho compuesto? ¿Qué volumen ocuparán 2 moles de CO_2 en c.n.?

La masa molecular del dióxido de carbono, cuya fórmula es CO_2, será la masa atómica del carbono más el doble de la masa atómica del oxígeno.

$$M = 12 + 16 \cdot 2 = 44 \text{ g/mol}$$

Para calcular la cantidad de sustancia empleamos la relación:

$$n = \frac{m}{M} = \frac{132}{44} = 3 \text{ moles de dióxido de carbono}$$

El número de moléculas lo calculamos multiplicando la cantidad de sustancia por el número de Avogadro:

$$\text{N.° de moléculas} = 3 \cdot 6{,}022 \cdot 10^{23} = 1{,}807 \cdot 10^{24} \text{ moléculas de } CO_2$$

Como cada molécula de dióxido de carbono tiene dos átomos de oxígeno, el número de átomos de este elemento será el doble que el de moléculas, es decir:

$$2 \cdot 1{,}807 \cdot 10^{24} = 3{,}614 \cdot 10^{24} \text{ átomos de O}$$

Un mol de cualquier gas en c.n. ocupa 22,4 l.
Por tanto, dos moles ocuparán:

$$2 \cdot 22{,}4 = 44{,}8 \text{ l de } CO_2$$



El dióxido de carbono emitido por las industrias tiene la misma masa molecular que el obtenido en una reacción en el laboratorio.

Ajuste de ecuaciones químicas

En una reacción química se tiene que cumplir siempre la ley de conservación de la masa, y esto se tiene que reflejar en la ecuación química. Para ello, el número total de átomos de cada elemento que intervienen en los reactivos (izquierda) tiene que ser igual que el número de átomos que aparecen en los productos (derecha).

Ajuste de las ecuaciones químicas

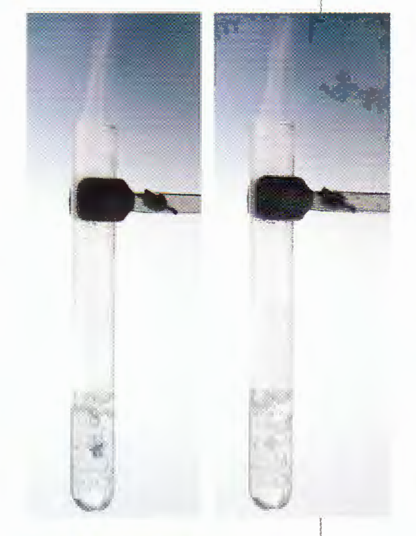
(*s*)	La sustancia se encuentra en estado sólido	⇒	Sentido de la reacción
(*l*)	La sustancia se encuentra en estado líquido	Δ ⇒	Aporte de energía de activación
(*g*)	La sustancia se encuentra en estado gaseoso	Pt ⇒	Catalizador de la reacción
(*aq*)	La sustancia se encuentra en disolución acuosa	↓	La sustancia ha precipitado

En las ecuaciones químicas aparecen las fórmulas químicas de los reactivos y de los productos, así como su estado de agregación.

A veces, al escribir la ecuación química no se cumple que en los productos haya la misma cantidad de átomos que en los reactivos, por lo que debemos ajustar la reacción.

Para ajustar una ecuación química debemos escribir coeficientes delante de las fórmulas de cada sustancia. A estos números se les denomina **coeficientes estequiométricos**.

El ajuste de las ecuaciones puede llevarse a cabo por dos procedimientos.



Sobre el cinc, un sólido metálico, se ha vertido ácido clorhídrico, que está disuelto en agua, y reaccionan.
Los productos de la reacción son: el hidrógeno, que es un gas, por eso burbujea, y el dicloruro de cinc, que va quedando disuelto en el agua.

Ajuste por tanteo

Como su propio nombre indica, se trata de ensayar coeficientes multiplicadores de los productos y reactivos para que a ambos lados de la flecha haya el mismo tipo y número de átomos.

Estudiamos la reacción química del cinc y el ácido clorhídrico:

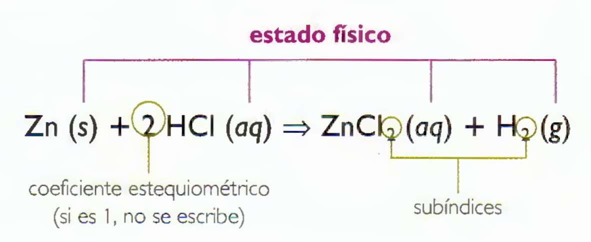
$$Zn\ (s) + HCl\ (aq) \Rightarrow ZnCl_2\ (aq) + H_2\ (g)$$

Comprobamos en la izquierda y en la derecha de la ecuación los átomos que intervienen de cada elemento:

- Zn: hay uno en cada miembro de la ecuación; está ajustado.
- H: hay uno en la izquierda y dos en la derecha, lo mismo ocurre con el Cl. Para ajustar la ecuación, añadimos un coeficiente 2 al HCl. El H y el Cl quedan ajustados.
- Comprobamos la ecuación para asegurarnos de que todos los elementos están igualados:

$$Zn\ (s) + 2\ HCl\ (aq) \Rightarrow ZnCl_2\ (aq) + H_2\ (g)$$

Es importante que al ajustar una ecuación química no modifiquemos los subíndices de las fórmulas, ya que en ese caso la fórmula no corresponderá a las sustancias presentes en la reacción.



Ajuste sistemático

Se escribe la ecuación química y se utilizan coeficientes genéricos para cada una de las sustancias. Los principios de conservación del número de átomos de cada clase nos proporciona una ecuación algebraica para cada tipo de átomo.

$$Zn\ (s) + HCl\ (aq) \Rightarrow ZnCl_2\ (aq) + H_2\ (g)$$

Esta reacción química se ajusta de la siguiente manera:

Ecuación sin ajustar	$Zn + HCl \Rightarrow ZnCl_2 + H_2$
Ecuación con coeficientes genéricos	$a\ Zn + b\ HCl \Rightarrow c\ ZnCl_2 + d\ H_2$
Ecuaciones algebraicas para cada tipo de átomos	Zn: $a = c$ H: $b = 2d$ Cl: $b = 2c$

Se resuelve el sistema de ecuaciones asignando un valor arbitrario a uno de los coeficientes, por ejemplo, $a = 1$. Entonces, $c = 1$, $b = 2$ y $d = 1$. Como el coeficiente 1 no se escribe, la ecuación ajustada es:

$$Zn\ (s) + 2\ HCl\ (aq) \Rightarrow ZnCl_2\ (aq) + H_2\ (g)$$

Fórmulas

La fórmula de un metal se expresa escribiendo el nombre del elemento, aunque ya sabemos que un metal es una red tridimensional de átomos (cationes):

Zn, Fe, etc.

La fórmula de las sustancias moleculares, como oxígeno, cloro o cloruro de hidrógeno, expresa lo que es realmente cada molécula:

O_2, Cl_2, HCl

La fórmula de los sólidos covalentes, tanto elementos (carbono) como compuestos (sílice), indica la proporción en la que cada átomo está en el cristal:

C, SiO_2

La fórmula de las sustancias iónicas indica la proporción de cada átomo (ion) en el cristal:

NaCl, $FeCl_3$



CÓMO HACER

- **Ajustar la reacción: $C_2H_6 + O_2 \Rightarrow CO_2 + H_2O$**

Reactivos	Productos
2 átomos de C	1 átomo de C
6 átomos de H	3 átomos de O
2 átomos de O	2 átomos de H

Así, basta con colocar un 2 al CO_2 para ajustar los carbonos y un 3 al H_2O para ajustar el hidrógeno. Entonces, para ajustar el oxígeno hay que colocar un $\frac{7}{2}$. Y multiplicando todo por 2:

$$2\ C_2H_6 + 7\ O_2 \Rightarrow 4\ CO_2 + 6\ H_2O$$

- **La reacción entre el hidrógeno y el oxígeno para dar agua es la siguiente:**

$$H_2 + O_2 \Rightarrow H_2O$$

Ajustarla:

1. El hidrógeno está ajustado en los dos miembros de la ecuación.
2. Para ajustar el oxígeno, tenemos que añadir un coeficiente dos al agua. Esto hace que tengamos en la derecha de la ecuación cuatro átomos de hidrógeno.

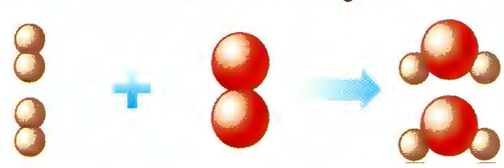
$$H_2 + O_2 \Rightarrow 2\ H_2O$$

3. Para ajustarla definitivamente, añadimos un coeficiente dos al hidrógeno.

$$2\ H_2 + O_2 \Rightarrow 2\ H_2O$$

2 moléculas de hidrógeno	+	1 molécula de oxígeno	⇒	2 moléculas de agua
20 moléculas de hidrógeno	+	10 moléculas de oxígeno	⇒	20 moléculas de agua
2 moles de moléculas de hidrógeno	+	1 mol de moléculas de oxígeno	⇒	2 moles de moléculas de agua
$2 \cdot 6{,}023 \cdot 10^{23}$ moléculas de H_2	+	$1 \cdot 6{,}023 \cdot 10^{23}$ moléculas de O_2	⇒	$2 \cdot 6{,}023 \cdot 10^{23}$ moléculas de H_2O

Un diagrama simplificado para representar la reacción de obtención de agua es:



Tipos de reacciones químicas

La vida está llena de reacciones químicas: en las plantas (fotosíntesis), en nuestro cuerpo (respiración, digestión de los alimentos), a nuestro alrededor (en la cocina, en los laboratorios, en la industria...).



Reacción de sodio en agua.

$Na\ (s) + H_2O\ (l) \Rightarrow NaOH(aq) + H_2\ (g)$

Es una reacción de sustitución.

Clasificación de las reacciones químicas

Los cambios químicos se producen de manera continua en la naturaleza: en los seres vivos, en el suelo, en el aire... Y, además, existen numerosísimos cambios químicos distintos (en función de los reactivos que intervienen o de los compuestos que se forman). Para estudiar mejor las reacciones químicas resulta conveniente, por tanto, clasificarlas de alguna manera.

Atendiendo a la estructura de las reacciones podemos clasificarlas en:

- Reacciones de **combinación** o **síntesis**. En ellas se forman uno o varios compuestos a partir de elementos o compuestos preexistentes. Algunos ejemplos son:

$$N_2 + 3\ H_2 \Rightarrow 2\ NH_3 \quad \text{(Formación de amoniaco)}$$
$$C + O_2 \Rightarrow CO_2$$
$$2\ Mg + O_2 \Rightarrow 2\ MgO$$
$$SO_3 + H_2O \Rightarrow H_2SO_4$$

- Reacciones de **descomposición**. Al contrario que en el caso anterior, en esta ocasión tiene lugar la escisión de un compuesto en varios elementos o compuestos.

$$2\ H_2O \Rightarrow 2\ H_2 + O_2 \quad \text{(Hidrólisis del agua)}$$
$$HgO \Rightarrow Hg + \frac{1}{2} O_2$$
$$PbO_2 \Rightarrow Pb + O_2$$
$$(NH_4)_2CO_3 \Rightarrow 2\ NH_3 + CO_2 + H_2O$$

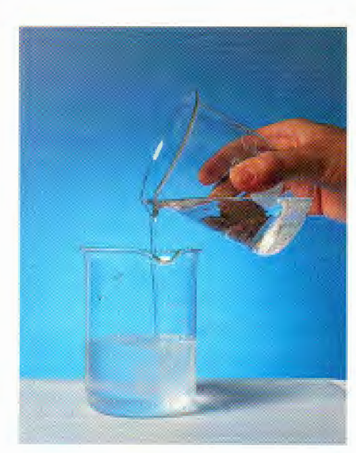
- Reacciones de **sustitución** o **desplazamiento**. En ellas, un elemento desplaza a otro en un compuesto. Pueden ser de **oxidación-reducción** o **precipitación** según las especies químicas presentes:

$$Zn\ (s) + CuSO_4\ (aq) \Rightarrow Cu\ (s) + ZnSO_4\ (aq)$$
$$Na\ (s) + H_2O\ (l) \Rightarrow NaOH\ (aq) + H_2\ (g)$$
$$Br_2\ (l) + 2\ NaI\ (aq) \Rightarrow 2\ NaBr\ (aq) + I_2\ (s)$$

- Reacciones de **doble desplazamiento**. Como su nombre indica, existe «un intercambio» de elementos en dos o más compuestos de la reacción:

$$NaCl\ (aq) + AgNO_3\ (aq) \Rightarrow AgCl\ (s) + NaNO_3\ (aq)$$
$$HCl\ (aq) + NaOH\ (aq) \Rightarrow NaCl\ (aq) + H_2O\ (l)$$

Vamos a conocer un poco mejor dos reacciones cotidianas: la combustión y las reacciones entre ácidos y bases.



Reacción de nitrato de plomo (II) con sulfato de sodio.

$Pb(NO_3)_2 + Na_2SO_4 \rightarrow$
$\rightarrow PbSO_4 + 2\ NaNO_3$

Es una reacción de doble desplazamiento.

Reacción de combustión

El principal protagonista de la combustión es el oxígeno. La vida no sería posible sin él; y la combustión, tampoco. Pero para que se produzca una reacción de combustión hace falta también un combustible.

- El alcohol, el butano o la madera son combustibles.
- Las piedras o el casco de un bombero, sin embargo, son incombustibles.

La combustibilidad es una propiedad característica de la materia, pues permite diferenciar las sustancias que arden de las que no arden.

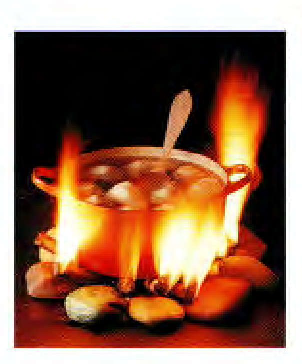
La combustión es un tipo de reacción química en la que los reactivos son el combustible y el oxígeno del aire, y los productos suelen ser (aunque no siempre) dióxido de carbono y vapor de agua. Fijémonos en los siguientes ejemplos.

- Butano + oxígeno ⇒ dióxido de carbono + agua
- Alcohol + oxígeno ⇒ dióxido de carbono + agua
- Carbono + oxígeno ⇒ dióxido de carbono

Las reacciones de combustión son **exotérmicas**: desprenden energía; esta es una de las aplicaciones más importantes: se utilizan como fuente de energía.









SABÍAS QUE...

Los peligros del monóxido de carbono



En las combustiones incompletas en los motores de los coches mal regulados, además de vapor de agua y dióxido de carbono, se origina monóxido de carbono. Al ser una molécula que al combinarse con la hemoglobina impide el transporte del oxígeno a las células, conduce a la muerte por asfixia en pocos minutos sin darnos cuenta, ya que no presenta color ni olor.

Combustible	Valor energético
Madera	~18 kJ/g
Carbón (antracita)	31 kJ/g
Gasolina	49 kJ/g
Gas natural	53 kJ/g
Hidrógeno	142 kJ/g

Energía desprendida en la combustión de un gramo de sustancia.



CÓMO HACER

Escribir la ecuación química correspondiente a la reacción de combustión del propano (C_3H_8). Determinar la energía desprendida en la combustión de 1 kg de gas propano y el volumen, medido a 1 atm y 0 °C, de dióxido de carbono producido.

El propano es un hidrocarburo que, como todos ellos, produce en la combustión dióxido de carbono y agua. La ecuación química sin ajustar será:

$$C_3H_8\ (g) + O_2\ (g) \Rightarrow CO_2\ (g) + H_2O\ (l)$$

Para ajustar la ecuación química basta observar que en el primer miembro hay 3 átomos de carbono y, por tanto, debemos utilizar el coeficiente 3 en el dióxido de carbono y considerar 4 moléculas de agua, ya que cada molécula de propano tiene 8 átomos de hidrógeno. El coeficiente que resulta para el oxígeno es 5. Dado que el calor de combustión es de 2.217,9 kJ/mol, la ecuación química completa, incluyendo el aspecto termoquímico, correspondiente a la combustión del propano es:

$$C_3H_8\ (g) + 5\ O_2\ (g) \Rightarrow 3\ CO_2\ (g) + 4\ H_2O\ (g) + 2.217{,}9\ \text{kJ}$$

Dado que 1 mol de propano son 44 g y producen 2.217,9 kJ en la combustión, establecemos la siguiente relación:

$$44\ \text{g de}\ C_3H_8 \xrightarrow{\text{producen}} 2.217{,}9\ \text{kJ}$$

$$1.000\ \text{g de}\ C_3H_8 \xrightarrow{\text{producirán}} x$$

$$x = \frac{1.000\ \text{g de}\ C_3H_8 \cdot 2.217{,}9\ \text{kJ}}{44\ \text{g de}\ C_3H_8} = 50.406{,}8\ \text{kJ}$$

Estableciendo la relación correspondiente entre las cantidades de propano que se queman y de CO_2 que se produce tenemos: 44 g de propano producen 3 moles de CO_2 que ocupan un volumen de 3 · 22,4 l en las condiciones dadas:

$$44\ \text{g de propano} \longrightarrow 3 \cdot 22{,}4\ \text{l de}\ CO_2$$

$$1.000\ \text{g de propano} \longrightarrow x$$

$$x = \frac{1.000\ \text{g de propano} \cdot 67{,}2\ \text{l de}\ CO_2}{44\ \text{g de propano}} =$$

$$= 1.527{,}27\ \text{l de}\ CO_2$$



El pH también puede medirse con medidores digitales, que suelen ser muy precisos.

Ácidos y bases

¿Qué tienen en común el vinagre, el zumo de naranja o el zumo de limón? Entre otras cosas, su sabor ácido. En química, decimos que estas sustancias son ácidos. Otras sustancias, con propiedades diferentes, se llaman bases. Ejemplos: lejía, amoniaco, sosa...

Pero, ¿qué tienen en común las sustancias ácidas? ¿Y las sustancias básicas?



 Ácidos	 Bases
• Sabor agrio. • Desprenden hidrógeno al reaccionar con algunos metales (magnesio, cinc, hierro...). • Reaccionan con el mármol y desprenden dióxido de carbono. • Reaccionan con las bases para dar sales.	• Sabor amargo. • Son untuosos al tacto (tacto jabonoso). • Reaccionan con las grasas para dar jabones. • Reaccionan con los ácidos para dar sales.

No obstante, para saber si una sustancia es un ácido o una base, no es necesario probarla (ten presente que algunas sustancias de las que se emplean habitualmente en un laboratorio son muy tóxicas).



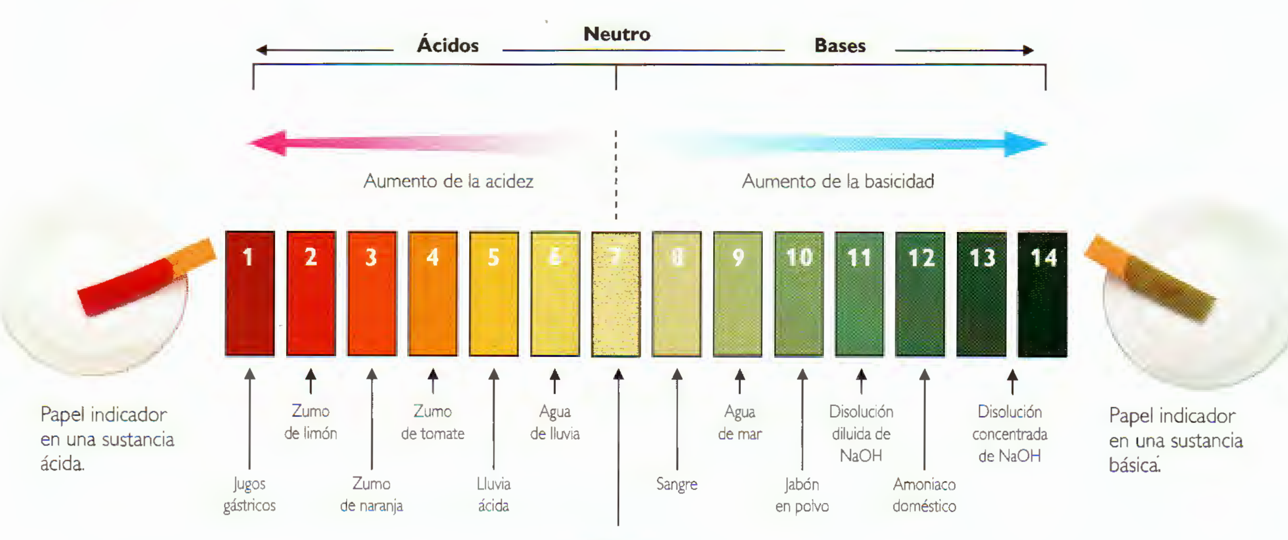
Rollo de papel indicador de pH con valores aproximados.

Escala de pH

Para cuantificar el carácter ácido o básico de una sustancia empleamos la escala de pH, que es una escala de números del 1 a 14.

- Si el pH es menor que 7, la sustancia es ácida. Ejemplo: solución de cloruro de hidrógeno (ácido clorhídrico) en agua.
- Si el pH es mayor que 7, la sustancia es básica. Ejemplo: solución de hidróxido de sodio (sosa) en agua.
- Si el pH es igual a 7, entonces la sustancia es neutra. Ejemplo: el agua.

Esta escala de números se asocia a una escala de colores. Estos colores son los que adopta el papel indicador en contacto con el ácido o la base.



Reacción de neutralización

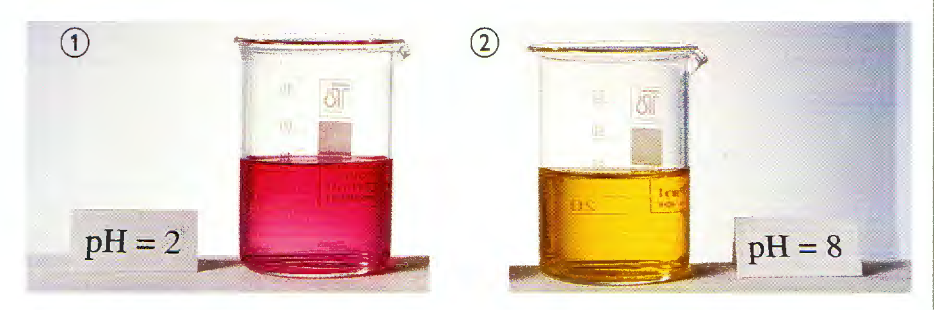
La reacción entre un ácido y una base es una reacción de neutralización.

En una reacción de neutralización, el ácido y la base son los reactivos, y la sal y el agua, los productos:

ácido + base ⇒ sal + agua

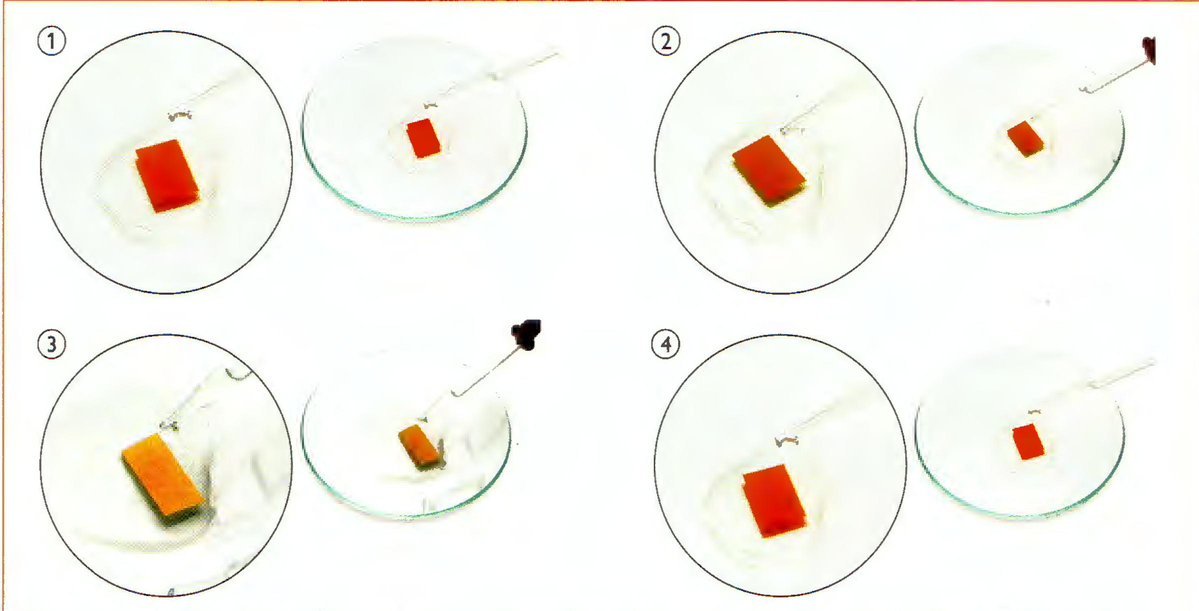
La importancia de los ácidos y las bases

Los ácidos y las bases tienen una gran importancia en la economía de cualquier país. Son importantes en diversos ámbitos:



(1) Sustancia ácida y (2) sustancia básica.

- En la industria química. El ácido sulfúrico es un componente fundamental para la industria química, ya que está presente en una gran cantidad de procesos químicos. Es tan importante que a veces se emplea la cantidad de ácido sulfúrico producida por un país como un indicador de su nivel de industrialización.
- En los seres vivos. Nuestro estómago, por ejemplo, segrega jugos gástricos que resultan fundamentales en el proceso de la digestión.
- En los productos de limpieza. Los jabones y detergentes se elaboran con sustancias básicas que permiten disolver las manchas con gran eficacia.
- En la alimentación. Algunos aditivos son sustancias ácidas: ácido cítrico, por ejemplo.
- En el medio ambiente. Determinadas actividades humanas generan compuestos tóxicos que dan lugar a la llamada lluvia ácida, que influye negativamente en el medio ambiente, destruyendo bosques o deteriorando los monumentos.



Observemos cómo va variando el color del papel de tornasol a medida que neutralizamos una solución ácida. En el vidrio de reloj tenemos el ácido, y en el cuentagotas, la base.

Cálculos estequiométricos en las reacciones químicas

Cuando «leemos» una ecuación química podemos obtener información sobre el tipo y número de especies químicas (átomos, moléculas, etc.) que intervienen y también sobre el número de moles que reaccionan y se forman.

Mol, moles...

El mol es la unidad de cantidad de sustancia en el Sistema Internacional. Hay que tener cuidado, ya que la palabra mol se puede utilizar como:

- La abreviatura de la unidad, y entonces no admite plural. En este caso no está permitido escribir moles, igual que no escribimos ms para los metros o gs para los gramos.
- Como sustantivo en una frase. En ese caso sí podemos escribir moles, igual que escribimos metros o grados.

Masas atómicas y moleculares	
Masa atómica H	1
Masa atómica O	16
Masa molecular H_2	2
Masa molecular O_2	32
Masa molecular H_2O	18

Pasos a seguir

1. Escribir la ecuación química del proceso o transformación química, expresando las fórmulas de reactivos y productos, y después ajustar la ecuación correspondiente.
2. Establecer las relaciones, derivadas de los coeficientes estequiométricos, del ajuste de la reacción, entre los moles de los reactivos y de los productos.
3. A partir de las masas moleculares de las sustancias que intervienen, establecer las relaciones entre las masas o volúmenes, si se trata de gases, de las sustancias correspondientes.
4. Partiendo de los datos conocidos y aplicando la relación matemática de proporcionalidad directa, determinar las cantidades desconocidas.

Cálculo de masas

Para aprender a hacer cálculos en las reacciones químicas, lo mejor es comenzar con un ejemplo. Leemos el siguiente enunciado:

«En la reacción entre el oxígeno y el hidrógeno para dar agua, calcular la masa de hidrógeno que reacciona con 10 gramos de oxígeno».

1. El primer paso es escribir y ajustar la reacción:

$$2\,H_2 + O_2 \Rightarrow 2\,H_2O$$

Se indica debajo de cada sustancia que interviene en la reacción la cantidad de sustancia en mol. Los moles coinciden con el coeficiente estequiométrico (número que figura delante de cada componente). Si no tiene coeficiente, es que es 1 mol.

$$\begin{array}{ccccc} 2\,H_2 & + & O_2 & \Rightarrow & 2\,H_2O \\ 2\text{ mol} & & 1\text{ mol} & & 2\text{ mol} \end{array}$$

2. El segundo paso es calcular la cantidad de sustancia de la que tengamos datos (en este caso, 10 g de O_2). A partir de aquí podremos calcular cualquier dato que nos pidan, como veremos; 10 gramos de O_2 son:

$$n\text{ (mol)} = \frac{\text{masa (g)}}{\text{masa molecular (g/mol)}} = \frac{10\text{ g}}{32\text{ g/mol}} = 0{,}3\text{ mol de } O_2$$

3. El tercer paso es calcular la cantidad de H_2. Para ello, planteamos la proporción entre la cantidad de H_2 y O_2 que reacciona. Según los coeficientes de la reacción ajustada: 1 mol de O_2 reacciona con 2 mol de H_2.

$$\frac{1\text{ mol } O_2}{2\text{ mol } H_2} = \frac{0{,}3\text{ mol } O_2}{x\text{ mol } H_2} \rightarrow x = 0{,}6\text{ mol de } H_2$$

4. El último paso es calcular la masa en gramos de H_2, sabiendo que son 0,6 mol:

$$0{,}6\text{ mol} = \frac{m\text{ (g)}}{2\text{ g/mol}} \rightarrow m = 1{,}2\text{ g de } H_2$$

Cálculo de volúmenes

En las reacciones químicas, los reactivos y los productos pueden estar en cualquier estado de agregación.

Cuando en la reacción intervienen gases, es importante saber realizar cálculos con volúmenes. Ya sabemos que:

Un mol de cualquier gas en condiciones normales (0 °C y 1 atm) ocupa un volumen de 22,4 litros.

Con esta equivalencia es muy fácil calcular volúmenes en reacciones en las que intervienen gases, ya que las proporciones que existen entre los moles en las reacciones químicas son las mismas que hay entre los volúmenes de las sustancias gaseosas.

La afirmación que acabamos de hacer se puede comprobar experimentalmente. Cuando realizamos la electrólisis del agua, se obtiene un volumen de hidrógeno doble que el de oxígeno. Si contrastamos este hecho con la reacción ajustada de descomposición tenemos:

$$2\ H_2O\ (l) \Rightarrow 2\ H_2\ (g) + O_2\ (g)$$

2 mol 2 mol 1 mol

Observa que, además de obtener el doble de volumen, también obtenemos el doble de cantidad de sustancia.

Esta relación entre volúmenes y cantidad de sustancia en los gases es muy útil para simplificar cálculos en problemas.



CÓMO HACER

La descomposición del carbonato cálcico se realiza a alta temperatura, produciendo óxido de calcio sólido y dióxido de carbono gaseoso. Escribir y ajustar la reacción química correspondiente. Determinar las cantidades de óxido de calcio y dióxido de carbono que se obtienen a partir de 250 g de carbonato cálcico.

1. Escribimos las fórmulas de reactivos y productos:

   carbonato cálcico ⇒ óxido de calcio + dióxido de carbono

   $$CaCO_3\ (s) \Rightarrow CaO\ (s) + CO_2\ (g)$$

   La ecuación resulta ajustada y no hay necesidad de buscar coeficientes estequiométricos. En otras palabras, los coeficientes son la unidad.

2. En consecuencia, un mol de carbonato cálcico produce un mol de óxido de calcio y un mol de dióxido de carbono.

3. Las masas moleculares de las sustancias que intervienen son:
   - $CaCO_3 = 40 + 12 + 3 \cdot 16 = 100$
   - $CaO = 40 + 16 = 56$
   - $CO_2 = 12 + 2 \cdot 16 = 44$

   Por tanto:

   $$CaCO_3 \Rightarrow CaO + CO_2$$

   100 g de carbonato cálcico producen 56 g de CaO + 44 g de CO

   250 g de carbonato producirán *x* g de CaO + *y* g de CO

4. Las relaciones matemáticas de proporcionalidad directa las podemos expresar:

   $$\frac{100\ g\ CaCO_3}{250\ g\ CaCO_3} = \frac{56\ g\ CaO}{x\ g\ CaO} \Rightarrow x = 250 \cdot \frac{56}{100} = 140\ g\ de\ CaO$$

   $$\frac{100\ g\ CaCO_3}{250\ g\ CaCO_3} = \frac{44\ g\ CO}{y\ g\ CO} \Rightarrow y = 250 \cdot \frac{44}{100} = 110\ g\ de\ CO$$

   En el caso del CO_2, al tratarse de un gas podemos expresar las relaciones correspondientes en función del volumen que ocupa en condiciones normales, puesto que sabemos que un mol de gas ocupa 22,4 litros en las citadas condiciones normales. En este caso tenemos:

   un mol de carbonato cálcico produce un mol de CaO y un mol de CO

   100 g de carbonato cálcico producen ⟶ 22,4 l de CO_2

   250 g de carbonato cálcico producirán ⟶ *x* l de CO_2

   $$\frac{100\ g\ CaCO_3}{250\ g\ CaCO_3} = \frac{22{,}4\ l\ CO_2}{y'\ l\ CO_2} \Rightarrow y' = 250 \cdot \frac{22{,}4}{100} = 56\ l\ de\ CO_2$$

¿Cómo se produce una reacción química?

Para explicar cómo ocurre una reacción química nos ayudamos de la teoría de las colisiones. Esta teoría considera a las moléculas como partículas que chocan continuamente unas con otras.



Hay varios factores que influyen en la velocidad de cualquier reacción química.

La teoría de colisiones

La teoría de colisiones, propuesta hacia 1920 por Lewis y otros químicos, afirma que para que ocurra un cambio químico es necesario que las moléculas de la sustancia o sustancias iniciales entren en contacto mediante una colisión o choque.

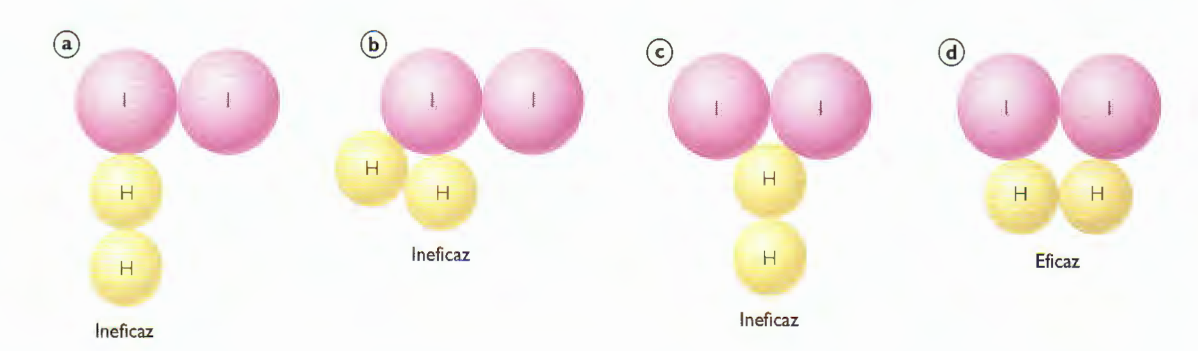
Pero no todos los choques son iguales. El choque que provoca la reacción se denomina **choque eficaz** y debe cumplir estos dos requisitos:

- Que el choque genere la suficiente energía para romper los enlaces entre los átomos.
- Que el choque se realice con la orientación adecuada para formar la nueva molécula.

Los choques que no cumplen estas condiciones y, por tanto, no dan lugar a la reacción, se denominan choques ineficaces.

A veces, el paso de reactivo a producto se realiza mediante la formación de un compuesto intermedio o **complejo activado** que se transformará posteriormente en los productos.

Orientación	Positiva	Negativa	Positiva
Energía	Insuficiente	Insuficiente	Suficiente
Tipo de choque	Ineficaz	Ineficaz	Eficaz



Los tres primeros choques (a, b y c) no tienen la orientación adecuada para producir la reacción. El último choque (d) lleva la orientación adecuada para que se produzca la reacción:

$$H_2 + I_2 \Rightarrow 2\,HI$$

Velocidad de reacción

La velocidad de reacción es la cantidad de sustancia transformada por unidad de tiempo. Nos indica la rapidez con la que los reactivos se convierten en productos.

La unidad de velocidad de reacción es mol/(l · s).

$$v = -\frac{\Delta n_{\text{reactivos}}}{\Delta t} = \frac{\Delta n_{\text{productos}}}{\Delta t}$$

$\Delta n_{\text{reactivos}}$ = n.° de moles de reactivos que han reaccionado.

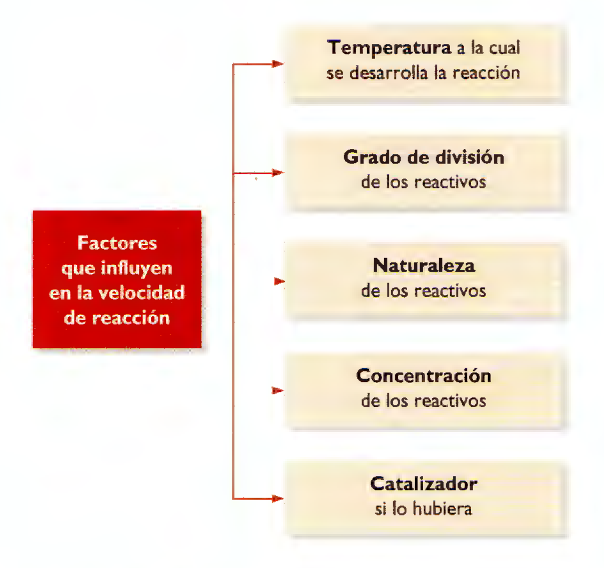
$\Delta n_{\text{productos}}$ = n.° de moles de productos que se han formado.



La oxidación de algunos metales es una reacción lenta.

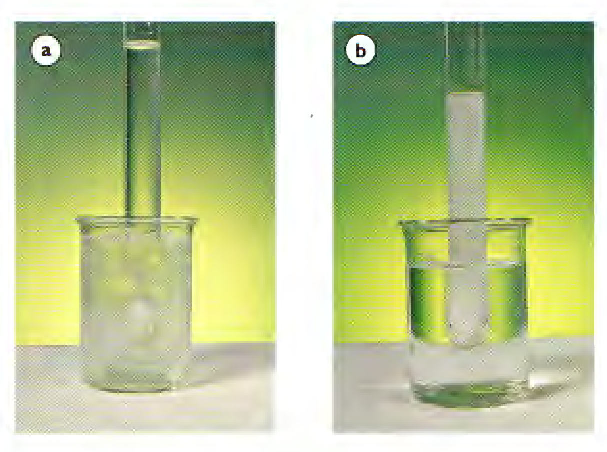
Factores que afectan a la velocidad de una reacción química

¿De qué depende que una reacción sea rápida o lenta? ¿Cómo se puede modificar la velocidad de una reacción? Una reacción química se produce mediante colisiones eficaces entre las partículas de los reactivos, por tanto, es fácil deducir que aquellas situaciones o factores que aumenten el número de estas colisiones implicarán una mayor velocidad de reacción. Veamos algunos de estos factores.





Las reacciones de combustión se producen con bastante rapidez.



Reacción de HCl con $CaCO_3$: a) a 0 °C; b) a 50 °C.

Temperatura

Al aumentar la temperatura, también lo hace la velocidad a la que se mueven las partículas y, por tanto, aumentará el número de colisiones y la violencia de estas. El resultado es una mayor velocidad en la reacción. Se dice, de manera aproximada, que por cada 10 °C de aumento en la temperatura, la velocidad se duplica.

Esto explica por qué para evitar la putrefacción de los alimentos los metemos en la nevera o en el congelador. Por el contrario, si queremos cocinarlos, los introducimos en el horno o en una cazuela puesta al fuego.



La reacción de descomposición de los alimentos ocurre más rápidamente si el alimento está a temperatura ambiente que si está en la heladera.



¿Por qué las reacciones de la fotografía se producen a distinta velocidad, si en ambos casos hay cinc y ácido clorhídrico? Porque en el tubo de la derecha el cinc está más pulverizado.



Reacción de HCl con Mg (izquierda) y Cu (derecha). La velocidad de la reacción depende de la naturaleza de los reactivos. En el caso del cobre, la reacción ni tan siquiera se produce.



Diferentes catalizadores.

Grado de pulverización de los reactivos

Si los reactivos están en estado líquido o sólido, la pulverización, es decir, la reducción a partículas de menor tamaño, aumenta enormemente la velocidad de reacción, ya que facilita el contacto entre los reactivos y, por tanto, la colisión entre las partículas.

Por ejemplo, el carbón arde más rápido cuanto más pequeños son los pedazos; y si está finamente pulverizado, arde tan rápido que provoca una explosión.

Naturaleza química de los reactivos que intervienen en la reacción

Dependiendo del tipo de reactivo que intervenga, una determinada reacción tendrá una energía de activación:

- Muy alta, y entonces será muy lenta.
- Muy baja, y entonces será muy rápida.

Así, por ejemplo, si tomamos como referencia la oxidación de los metales, la oxidación del sodio es muy rápida, la de la plata es muy lenta y la velocidad de la oxidación del hierro es intermedia entre las dos anteriores.

Concentración de los reactivos

Si los reactivos están en disolución o son gases encerrados en un recipiente, cuanto mayor sea su concentración, más alta será la velocidad de la reacción en la que participen, ya que, al haber más partículas en el mismo espacio, aumentará el número de colisiones.

El ataque que los ácidos realizan sobre algunos metales con desprendimiento de hidrógeno es un buen ejemplo, ya que este ataque es mucho más violento cuanto mayor es la concentración del ácido.

La variación de la velocidad de reacción con los reactivos se expresa, de manera general, en la forma:

$$v = k\,[A]^{\alpha}\,[B]^{\beta}$$

donde α y β son coeficientes que no coinciden necesariamente con los coeficientes estequiométricos de la reacción general antes considerada. La constante de velocidad **k**, depende de la temperatura.

Catalizadores

Los catalizadores son sustancias que facilitan la reacción modificando el mecanismo por el que se desarrolla. En ningún caso el catalizador provoca la reacción química; no varía su calor de reacción.

Los catalizadores se añaden en pequeñas cantidades y son muy específicos; es decir, cada catalizador sirve para unas determinadas reacciones. El catalizador se puede recuperar al final de la reacción, puesto que no es reactivo ni participa en la reacción.

NORMAS DE SEGURIDAD

Comportamiento responsable en un laboratorio químico

Posiblemente, el laboratorio de química sea el lugar más peligroso del colegio, la escuela o el instituto. Los accidentes no suelen ocurrir por mala suerte; en realidad, suelen ser consecuencia de imprudencias debidas, en la mayor parte de los casos, al desconocimiento de la peligrosidad de los productos químicos y algunos de los aparatos que se manejan en el laboratorio.

Los accidentes más comunes, no demasiado graves en la mayoría de los casos, suelen ser:

- Quemaduras producidas por sustancias químicas.
- Quemaduras producidas por líquidos o recipientes calientes.
- Cortes con utensilios de vidrio rotos.

La seguridad absoluta es imposible de conseguir; sin embargo, muchos riesgos pueden reducirse al mínimo, e incluso eliminarse, si nos comportamos adecuadamente. Debemos tener en cuenta que la prevención de accidentes depende de manera fundamental de la actitud que mostremos en el laboratorio.

La propia naturaleza del trabajo científico, el llamado método científico, tiene como principios básicos el orden y el rigor, y, precisamente, estas dos virtudes son la esencia de las recomendaciones que damos a continuación.



En un laboratorio es importante no contaminar las muestras.

- Muévanse por el laboratorio sin prisas ni atropellos y eviten también los desplazamientos no justificados.
- Si llevan pelo largo, átenlo; de lo contrario, corren el riesgo de quemarlo. Lo mismo puede ocurrir si llevan colgando una bufanda, un pañuelo, una corbata...
- Antes de hacer nada, asegúrense de que han entendido perfectamente lo que deben realizar. Si tienen dudas, pregunten al profesor o profesora. Es fundamental que en todo momento estén seguros de lo que hacen. Ante la más mínima incertidumbre, paren y pregunten.
- No toquen ni manejen aparatos, utensilios o productos químicos que no deban utilizar o para los que no estén instruidos.
- Usen los productos químicos con mucha prudencia. Eviten el contacto directo con ellos y, desde luego, nunca huelan ni ingieran sustancias desconocidas.
- No eliminen residuos por su cuenta. Antes de tirar nada, pregunten al profesor, dado que pueden originar daños a los compañeros, a los equipos e instalaciones, al medio ambiente y a ustedes mismos.
- Al acabar la sesión de trabajo, verifiquen que todo ha quedado limpio, en orden y desconectado. Laven los utensilios siguiendo las instrucciones del profesor y colóquenlos en los lugares destinados a ello, apaguen los aparatos eléctricos y cierren las llaves de gas y agua.
- Laven bien las manos antes de abandonar el laboratorio.

A estas recomendaciones generales se añadirán las particulares que indicará el profesor para experimentos concretos, por ejemplo: cómo calentar líquidos a la llama, mezclar sustancias o manejar aparatos específicos.



Debemos cumplir las normas básicas de seguridad en el laboratorio.

La energía de las reacciones químicas

Las reacciones químicas llevan asociado un cambio en la energía del sistema reactivo. Esto implica un intercambio energético con el medio.

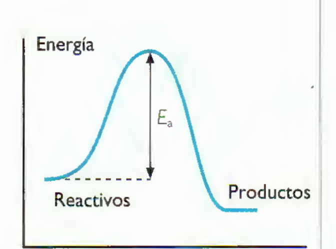


La energía, incluida la energía de las reacciones químicas, se puede manifestar de formas diferentes. Las combustiones desprenden energía: son reacciones exotérmicas.

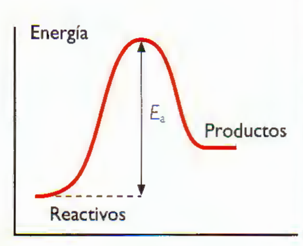
Energía o calor de reacción

Se llama energía de una reacción química a la energía absorbida o desprendida en la misma por el sistema reactivo.

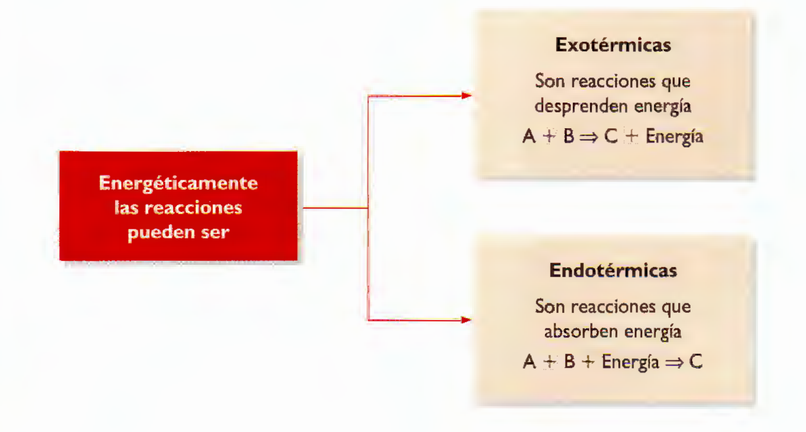
El valor de la energía de reacción depende de las condiciones de presión y temperatura y de la cantidad de sustancia que se transforma. Los valores de la energía de reacción se expresan por mol de producto formado o reactivo gastado y, generalmente a 1 atm y 298 K (25 °C). Se conoce como **calor de reacción**, ya que se manifiesta de esta forma.

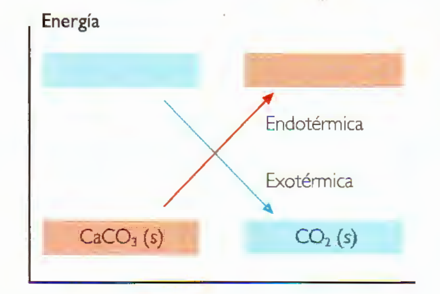


Reacción exotérmica (E_a: energía de activación).



Reacción endotérmica.





Ejemplos de reacciones químicas.

En las reacciones endotérmicas, los productos tienen mayor energía que los reactivos; por ello, debemos **comunicar energía** a la reacción. La reacción solo tendrá lugar mientras se le suministre dicha cantidad de energía; en el momento en el que no absorba tal cantidad de energía, la reacción se detendrá.

Así, por ejemplo, para descomponer el carbonato de calcio en óxido de calcio y dióxido de carbono se necesita aportar 187,3 kJ/mol. Si no se aporta dicha cantidad, el carbonato no se descompondrá.

En las reacciones exotérmicas, los productos tienen menos energía que los reactivos, por lo que **se desprende energía**.

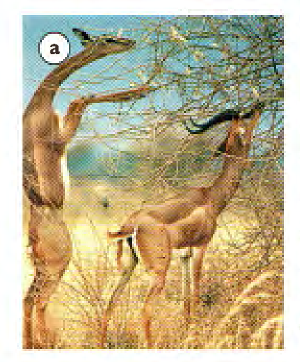
Una de las típicas reacciones exotérmicas es la reacción de combustión del carbón según el proceso representado por la ecuación:

$$C (s) + O_2 (g) \rightarrow CO_2 (g) + 395 \text{ kJ/mol}$$

Es decir, la combustión de un mol de carbón, en estado sólido, desprende 395 kJ: el sistema reactivo ha perdido 395 kJ de energía química.

La obtención de energía de los alimentos es un proceso exotérmico. Los seres vivos necesitan energía, entre otras cosas para mantener la temperatura en los seres homeotermos. Esta energía la obtienen de la combustión química de los alimentos.

El contenido energético de un alimento, es decir, la cantidad de energía desprendida en su degradación, depende de su composición química.





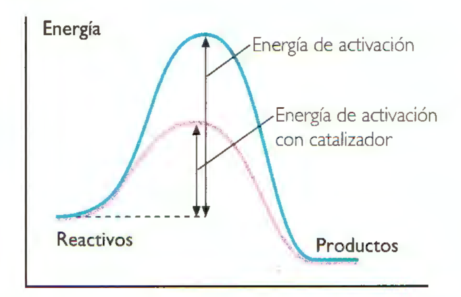
a) Gacelas alimentándose. Los animales obtienen de los alimentos energía gracias a reacciones químicas exotérmicas producidas en el organismo. b) Las plantas, por el contrario, llevan a cabo reacciones endotérmicas gracias al aporte de energía de la luz solar.

Grupo	Alimentos	kcal/100 g	Grupo	Alimentos	kcal/100 g
Leche y derivados	Leche fresca de vaca	65	Verduras y hortalizas	Tomates	20
	Yogur	62		Lechugas	16
	Queso manchego	310		Zanahorias	40
Carnes, huevos y pescados	Cordero o cerdo	280	Frutas	Manzanas	55
	Pollo	200		Frutillas	40
	Carne de ternera	156	Cereales, azúcar	Arroz	360
	Huevos	160		Pan blanco	280
	Atún fresco	75		Pan integral	286
	Merluza	80		Azúcar	400
Legumbres, tubérculos y frutos secos	Garbanzos	360	Grasas	Aceite puro	884
	Papas	85		Chocolate	500
	Maníes	560		Manteca	720

Puede ocurrir que, en algunos casos, para que comience la reacción sea necesario un aporte de energía inicial denominada **energía de activación** (E_a).

Así, por ejemplo, en la reacción de combustión del butano necesitamos una pequeña chispa eléctrica para que la reacción comience; una vez iniciada la reacción, esta sigue produciéndose espontáneamente.

La presencia de un catalizador hace que la energía de activación de las reacciones disminuya, por lo que el número de choques eficaces aumenta y, por consiguiente, también aumenta su velocidad.



SABÍAS QUE...

Química y deporte

Las lesiones leves que sufren los deportistas (golpes, contracturas, esguinces, etc.) pueden aliviarse con ayuda de unas «bolsas de frío». Al golpear la bolsa, el hidrato de amonio que contiene se disuelve en el agua, produciendo un enfriamiento brusco de la disolución al ser un proceso endotérmico.

En otros casos se necesita calor para aliviar los dolores musculares. Las «bolsas de calor» contienen cloruro de calcio anhidro, que, al disolverse en agua, desprende calor. Un dispositivo semejante se utiliza para obtener café caliente sin calentar con fuego.



Calor de formación y calor de combustión

Se definen dos tipos de energías o calores especialmente interesantes por su uso y aplicaciones:

Calor de formación de un compuesto: es el calor intercambiado en la reacción al formar un mol de dicho compuesto a partir de los elementos que lo componen, generalmente a 1 atm y 298 K (25 °C).

$$C\ (s) + 2\ H_2\ (g) \Rightarrow CH_4\ (g) + 74{,}8\ \text{kJ}$$

$$H_2\ (g) + O_2\ (g) + C\ (s) \Rightarrow HCOOH + 97{,}8\ \text{kcal}$$

Sustancia	Calor de formación (kJ/mol)
Hidrógeno, H_2	0
Oxígeno, O_2	0
Nitrógeno, N_2	0
Agua, H_2O (g)	−241,6
Agua, H_2O (*l*)	−285,8
Amoniaco, NH_3 (g)	−46,1
Dióxido de carbono, CO_2 (g)	−393,5
Cloruro de sodio, NaCl (s)	−411,0

Calor de combustión: es el calor desprendido en el proceso de combustión de un gramo de sustancia. En toda reacción de combustión se necesita O_2 y se obtienen CO_2 y H_2O.

$$CH_4\ (g) + O_2\ (g) \Rightarrow CO_2\ (g) + 2\ H_2O\ (g) + 212{,}8\ \text{kcal}$$

$$C_2H_6O\ (l) + 3\ O_2\ (g) \Rightarrow 2\ CO_2\ (g) + 3\ H_2O\ (l) + 1.239{,}8\ \text{kJ}$$

Combustible	Calor de combustión (kJ/g)
Metano (CH_4)	55,6
Etano (C_2H_6)	52,0
Propano (C_3H_8)	50,4
Butano (C_4H_{10})	49,6
Etanol (C_2H_6O)	29,7

Para medir los calores de reacción (*Q*) se utiliza el calorímetro, que consta de un recipiente aislado en el que se producirá la reacción, un agitador y un termómetro, que nos indica la temperatura al comienzo y al final de la reacción:

$$Q = m \cdot c_e \cdot (T_f - T_i)$$

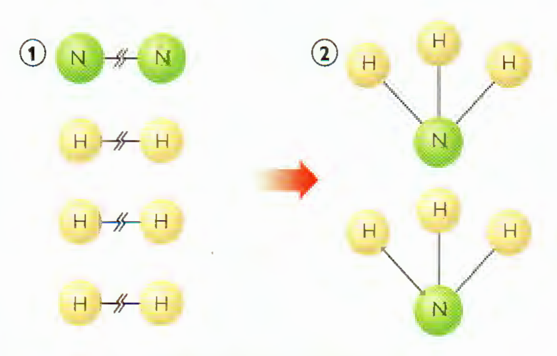
donde *m* es la masa de la sustancia; c_e, su calor específico, y T_i y T_f, las temperaturas inicial y final.

Energía de enlace

Para que una o varias sustancias se transformen en otras tiene que haber una reorganización de átomos, y para ello se tienen que romper unos enlaces y formarse otros nuevos.



• Se rompen: 1 enlace H − H y 1 enlace I − I.



• Se rompen: 1 enlace N − N y 3 enlaces H − H.

La ruptura y formación de enlaces lleva asociada una absorción y un desprendimiento de energía.

Para romper un enlace se necesita un aporte de energía, que se denomina **energía de enlace**. Y cuando se forma dicho enlace, se desprende esa misma cantidad de energía. En la tabla de la izquierda se indican los átomos que forman algunos enlaces y la energía de enlace en kJ/mol.

Enlace	Energía de enlace (kJ/mol)	Enlace	Energía de enlace (kJ/mol)
H − H	436	C − O	352
C − C	348	O − H	463
N − N	161	I − I	153
C − H	413	C = C	615
N − H	391	C = O	711
N ≡ N	949	O = O	494

LECTURA

El olor a frescura

¡Qué bien se respira después de una tormenta! El aire transparente parece que está impregnado de frescor. Esto no es una figura poética; el hecho consiste en que los relámpagos engendran en la atmósfera gas ozono, que purifica el aire.

El ozono es el mismo oxígeno, pero su molécula, en vez de dos átomos del elemento contiene tres. O_2 y O_3, un átomo de oxígeno más, un átomo menos, ¿qué importancia puede tener esto? Resulta que la diferencia es enorme: el oxígeno corriente y el ozono son sustancias muy distantes.

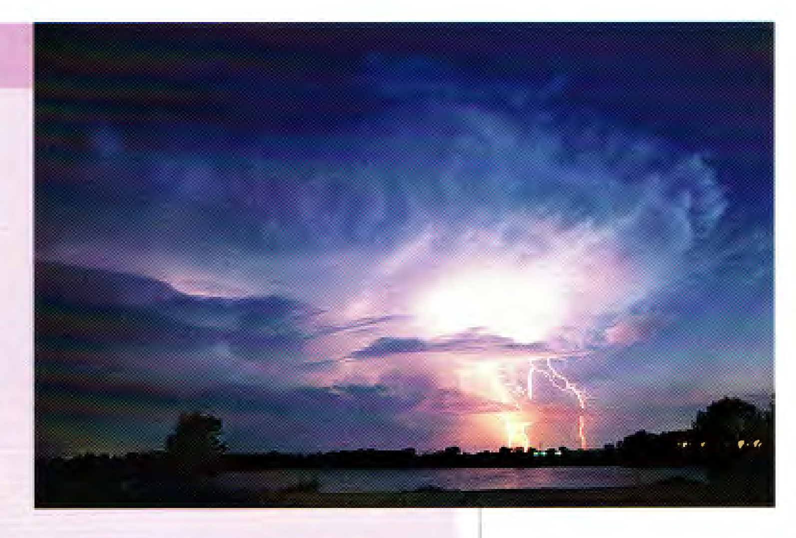
Sin oxígeno no hay vida. Al contrario, el ozono en grandes concentraciones es capaz de matar toda materia orgánica. Al combinarse con ella, la destruye de inmediato. Todos los metales atacados por el ozono (salvo el oro y el platino) se convierten en óxidos rápidamente.

El ozono tiene dos caras: es asesino de lo vivo y al mismo tiempo hace su aportación a la existencia de la vida en la Tierra. Esta paradoja es de fácil explicación. La irradiación solar no es homogénea. De ella forman parte los llamados rayos ultravioleta. Si todos estos rayos hubieran alcanzado la superficie de la Tierra, la vida resultaría imposible, puesto que estos rayos dotados de una enorme energía son mortíferos para los organismos vivos.

Afortunadamente, hasta la superficie de la Tierra llega una parte insignificante de irradiación ultravioleta del Sol. La mayor parte pierde su fuerza en la atmósfera, a la altura de unos 20-30 km. En esta frontera, la manta aérea del planeta contiene mucho ozono. Este, precisamente, absorbe los rayos ultravioleta (a propósito, una de las teorías modernas de la procedencia de la vida en la Tierra remonta la aparición de los primeros organismos a la época de formación de la capa de ozono en la atmósfera).

Los hombres necesitan de ozono en la Tierra, y, además, en grandes cantidades. A los hombres –en primer lugar a los químicos– les son muy necesarias millares de toneladas de ozono. La industria química estaría muy contenta de poder aprovechar la asombrosa capacidad oxidante del ozono.

Los que trabajan en la industria petrolera también recurrirían al ozono. El petróleo de muchos yacimientos contiene azufre. Y estos petróleos sulfurados causan muchas preocupaciones, porque destruyen en plazos muy cortos los aparatos e instalaciones, por ejemplo, las calderas de las centrales eléctricas. El ozono permitiría, más fácilmente, eliminar el azufre de tales petróleos. Por otra parte, a costa de este azufre se podría duplicar, o incluso triplicar, la producción de ácido sulfúrico.



Bebemos agua clorada suministrada por los conductos de agua. Es inofensiva, pero su sabor está lejos de asemejarse al del agua de los manantiales. Si tratáramos el agua potable con ozono, perecerían todas las bacterias patógenas y, además, el agua no tendría ese gustillo molesto.

El ozono puede renovar neumáticos viejos, blanquear telas, celulosa y fibras. Y puede muchas cosas más. Es por eso que los científicos e ingenieros trabajan para crear potentes ozonadores industriales.

Así es el ozono O_3, que tiene no menos importancia que el O_2.

I. VLASOV y D. TRIFONOV, *Química recreativa*

La respiración: reacciones químicas vitales

Cuando respiramos, el «aire» que expulsamos tiene una mayor concentración de dióxido de carbono que el que introducimos en nuestros pulmones y una menor cantidad de oxígeno. Este oxígeno se utiliza como reactivo en los procesos químicos que tienen lugar en nuestras células y que dan como productos, entre otras sustancias, dióxido de carbono.

El esquema global será:

$$\text{Alimentos} + \text{oxígeno} \Rightarrow$$
$$\Rightarrow \text{dióxido de carbono} + \text{agua} + \text{energía}$$

En las plantas ocurre el proceso inverso, a partir de dióxido de carbono y agua, y gracias al aporte energético de la luz, se forman compuestos orgánicos como la glucosa, por ejemplo.



Existen modernos y prácticos ozonizadores de uso doméstico, muy utilizados para regenerar el aire viciado de olores.



El oxígeno del aire que respiramos reacciona con algunos componentes de los alimentos y nos proporciona energía.

Química industrial

Entre los muchos tipos de industrias destacan las industrias químicas, de fuerte crecimiento en el siglo pasado y, hoy día, uno de los pilares básicos de la economía mundial.



Instalaciones de una industria química.

Las industrias químicas

Los productos de la naturaleza tienen un aprovechamiento limitado para las personas, y mucho más en el nivel de desarrollo actual. Por eso, desde la más remota antigüedad ha sido necesario transformar esos productos naturales a través de la **actividad industrial**.

La producción a gran escala de productos químicos comenzó en la época de la revolución industrial.

La introducción de nuevas máquinas de hilar y tejer a lo largo del siglo XVIII supuso un cambio radical en la industria textil. La producción se disparó de tal forma que los métodos tradicionales de blanqueado y teñido de los tejidos se volvieron insuficientes.

Hasta ese momento, los tejidos se blanqueaban sumergiéndolos, alternativamente, en un baño ácido de leche agria y en uno básico formado por una solución de cenizas vegetales; después, se dejaban secar al sol en los llamados «campos de blanqueado».

La necesidad creciente de esos dos productos naturales llevó a plantear la conveniencia de sustituirlos por otros equivalentes, pero producidos artificialmente. El primero que comenzó a escasear fue la leche agria, proponiéndose como su sustituto el ácido sulfúrico.

Hacia el año 1736, el boticario londinense Joshua Ward (1685-1761) puso en práctica un procedimiento de síntesis química de ese ácido a partir del azufre natural. La modificación a ese método sugerida en 1746 por el médico John Roebuck (1718-1794) lo convirtió en el primer proceso rentable de obtención de ácido sulfúrico a gran escala: el llamado «método de las cámaras de plomo».

Este método permaneció vigente hasta que en 1897 se desarrolló el «método de contacto», que es el utilizado en la actualidad.

El problema de reemplazar las cenizas vegetales no debió de ser tan acuciante, puesto que hubo que esperar hasta 1789 para encontrar una propuesta interesante. En esa fecha, el médico Nicolas Leblanc (1742-1806) presentó su método de obtención de soda (carbonato de sodio) a partir de la sal común (cloruro de sodio), embolsándose, de paso, 12.000 francos ofrecidos por la Academia de Ciencias de París a quien hallase tal procedimiento.

Un método alternativo fue sugerido por Augustin-Jean Fresnel (1788-1827) en 1810. Las dificultades técnicas que planteaba su propuesta pospusieron su aplicación hasta 1865, cuando los hermanos Solvay (Ernest, 1838-1922, y Alfred, 1840-1894) consiguieron una respuesta satisfactoria. Este método, más rentable, fue desbancando al anterior. Es el que utiliza actualmente la industria química.

El problema de la industria química no se reduce a conocer reacciones químicas que permitan obtener una sustancia combinando reactivos de bajo coste. Para que un método de obtención sea viable, deben tenerse en cuenta aspectos químico-físicos y económicos.

Un proceso es preferible a otro si tiene mayor rendimiento: si es mayor la cantidad de producto que se obtiene a partir de cantidades fijas de reactivos. Sin embargo, puede ocurrir que ese proceso involucre reacciones excesivamente lentas o rápidas en condiciones normales, o energías de activación muy altas que lo hagan menos interesante.

Ahora bien, estas características no deseables se pueden intentar modificar. Por ejemplo, variando la temperatura, la presión o la concentración de los reactivos se puede conseguir aumentar o disminuir la velocidad de reacción, y empleando catalizadores disminuir la energía de activación. La optimización de estos factores requiere un buen conocimiento químico-físico de las reacciones. Pero la mejor elección posible puede implicar unos gastos tan excesivos que desaconsejen el proceso. Por ejemplo, si es necesario que una reacción transcurra a presiones y temperaturas muy altas, el coste energético la puede hacer económicamente inviable.

En la fabricación de productos de gran consumo se tiende a buscar procesos continuos, aquellos en los que se van suministrando, de forma ininterrumpida, reactivos por un lado y retirando el producto final por otro. La parte buena de los procesos continuos es su alta producción; la contrapartida es que requieren costosas instalaciones.

Un proceso industrial: el ácido sulfúrico

Este ácido, uno de los más fuertes conocidos, tiene un amplio uso en la industria como agente deshidratante y oxidante y por su capacidad para disolver muchos metales. Se usa en los procesos de fabricación de tintes, pinturas, pulpa de papel, explosivos, fertilizantes y algunos detergentes, así como en el refinado del petróleo y metales.

El ácido sulfúrico, H_2SO_4, se produce mediante el «método de contacto», usando como materias primas el azufre, el oxígeno y el agua.

Se comienza por quemar el azufre en aire seco para obtener dióxido de azufre, SO_2:

$$S + O_2 \Rightarrow SO_2$$

Este compuesto se combina de nuevo con oxígeno, a una temperatura de 450 °C, en presencia de óxido de vanadio o platino, que actúa como catalizador, para conseguir trióxido de azufre, SO_3:

$$SO_2 + O_2 \Rightarrow SO_3$$

La mezcla de este compuesto con agua, H_2O, produce ácido sulfúrico; pero esta reacción es tan violenta que es desaconsejable. Por ello se procede a disolver el trióxido de azufre en una solución de ácido sulfúrico al 98 %, para dar un compuesto llamado «óleum», $H_2S_2O_7$:

$$SO_3 + H_2SO_4 \Rightarrow H_2S_2O_7$$

Finalmente, se añade agua para obtener una solución de ácido sulfúrico al 98 %:

$$H_2S_2O_7 + H_2O \Rightarrow 2\ H_2SO_4$$

parte de la cual es el producto final (H_2SO_4) y la otra entra de nuevo en el proceso.

Residuos

La imagen negativa de la industria química está influida por el alto grado de contaminación que, tradicionalmente, se le asocia.

La forma tradicional de «eliminar» los residuos, sustancias sin aprovechamiento, era el «método de disolución». Se confiaba en que los gases, lanzados a la atmósfera, y los vertidos líquidos o sólidos, arrojados a los ríos, lagos y mares, se diluirían lo suficiente como para que, al cabo de un tiempo, su concentración no resultara perjudicial. Hoy, la prevención, eliminación y tratamiento de residuos se ha convertido en un elemento más a tener en cuenta.

Conseguir el máximo aprovechamiento de los reactivos, reinyectando una y otra vez las cantidades que no han reaccionado, es una característica deseable de cualquier planta industrial, y, a su vez una manera de reducir los desechos. Lo mismo se puede decir de los productos intermedios: que siempre que es posible se reutilizan.

Otras sustancias de interés

Carbonato sódico (soda). Aparte de su valor anticorrosivo y para ablandar el agua, se usa en procesos de fabricación de jabones, detergentes, reveladores fotográficos, acero, esmaltes, tintes, textiles, alimentos, etc.

El cristal se obtiene a partir de la sal común, NaCl, y de la piedra caliza, $CaCO_3$, por el procedimiento Solvay.

$$2\ NaCl + CaCO_3 \Rightarrow Na_2CO_3 + CaCl_2$$

Es imprescindible utilizar amoniaco, NH_3, para que la reacción sea rentable.

Hidróxido sódico. Entre sus aplicaciones industriales cabe destacar la fabricación de jabones y detergentes, el rayón y las fibras de acetato.

Se obtiene por electrólisis de la sal común, haciendo reaccionar con agua el sodio que se recoge en el cátodo:

$$2\ Na + 2\ H_2O \Rightarrow H_2 + 2\ NaOH$$, liberado en el ánodo

El consumo de energía eléctrica en este proceso es tan enorme, del orden del de una ciudad grande, que estas fábricas deben ubicarse en lugares donde la electricidad sea barata. También es deseable que la sal sea abundante.

Amoniaco. Es la base de toda la industria de fertilizantes. También se usa en la fabricación de explosivos y en la propia industria química. Se sintetiza directamente a partir de constituyentes, hidrógeno H_2 y nitrógeno N_2:

$$N_2 + 3\ H_2 \Rightarrow 2\ NH_3$$

El mérito de Fritz Haber (1868-1934) es el de haber aplicado las nuevas teorías químico-físicas al estudio de esta reacción. Demostró que una temperatura moderada, 400 °C, junto a una presión alta, 250 atmósferas, eran las condiciones ideales para que esta reacción, fácilmente reversible, pudiera ser de utilidad.



Almacén de residuos químicos.

FÍSICA Y QUÍMICA

Bloque 03. Química de los seres vivos

Los elementos **de la vida**

En la naturaleza existen unos noventa elementos químicos. ¿Cuáles son más abundantes en los seres vivos? Toda la materia viva está basada en compuestos de carbono, que son el objeto de estudio de la química orgánica.



Química orgánica e inorgánica

Los átomos de carbono pueden unirse con otros dos, tres o cuatro átomos de carbono y formar cadenas más o menos largas, lineales o ramificadas. El estudio de todos estos compuestos es el objetivo de la química orgánica.

En los compuestos orgánicos intervienen muy pocos elementos: carbono, hidrógeno, oxígeno, nitrógeno y algunos otros en menor proporción. Sin embargo, y debido a las múltiples cadenas de carbono que pueden formarse, el número de compuestos orgánicos es elevadísimo: varios millones.

Los compuestos que no contienen carbono (salvo excepciones) pertenecen al mundo de la química inorgánica.

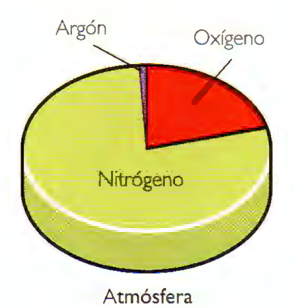
A pesar de que utilizan todos los elementos de la tabla periódica, el número de compuestos inorgánicos es mucho más reducido: alrededor de cien mil.

La bioquímica

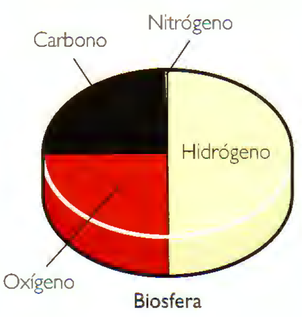
La bioquímica es la parte de la química que estudia los elementos y los compuestos que intervienen en el organismo de los seres vivos y las reacciones químicas que tienen lugar en el interior de estos. Hay que mencionar dos aspectos básicos relacionados con la bioquímica.

- Por una parte, los **elementos químicos** que forman la materia viva: carbono, oxígeno, etc. La vida, tal y como la conocemos, está basada en el carbono. Todos los compuestos orgánicos, ya estén presentes en animales o plantas, contienen carbono.
- Por otra, las **reacciones químicas** necesarias para que la vida se desarrolle. Por ejemplo, todas las plantas y animales necesitan respirar. En este proceso se toma oxígeno del aire y se emite dióxido de carbono. Las plantas, a su vez, también absorben dióxido de carbono y despiden oxígeno, por lo que contribuyen al equilibrio de gases en la atmósfera.

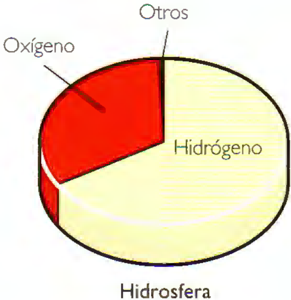
Aunque los seres vivos obtienen los elementos químicos del medio en el que se encuentran, su composición química no es parecida a la de dicho medio, en el que abundan el nitrógeno (aire) o el silicio (suelo).



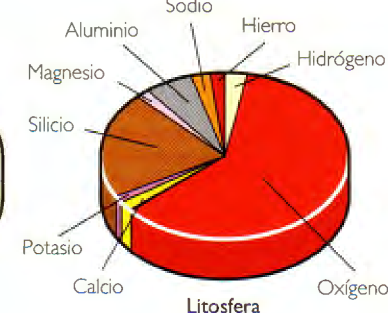
Atmósfera



Biosfera



Hidrosfera



Litosfera

¿Qué son los bioelementos?

Son los elementos químicos que forman el cuerpo de los seres vivos o pueden encontrarse en su interior. Apenas llegan a treinta, y se clasifican en:

- **Los bioelementos principales** son cuatro: oxígeno, carbono, hidrógeno, nitrógeno.

  Constituyen alrededor del 95 % de la masa de los seres vivos, por término medio. Es decir, casi todo nuestro cuerpo está formado por estos cuatro elementos.

  Una de las características de estos elementos es que pueden formar enlaces químicos covalentes entre los átomos y, por tanto, enlaces muy estables. Además, debido a las características de estos elementos, sus compuestos se disuelven en agua, por lo que pueden reaccionar entre sí con mayor facilidad, posibilitando de esta manera las reacciones químicas necesarias para la vida.





Realmente no existe una relación entre la abundancia de un elemento y su esencialidad; es decir, hay elementos que son imprescindibles en un organismo, aunque en cantidades muy pequeñas, por ejemplo, para hacer que se lleve a cabo una determinada reacción química.

- **Los bioelementos secundarios** son siete: calcio, fósforo, cloro, potasio, azufre, sodio y magnesio.

  Componen alrededor del 4 % de la masa de los organismos vivos, se localizan en lugares diversos y cumplen funciones muy variadas. Por ejemplo, el calcio forma parte de los huesos, y el magnesio, de la clorofila de las plantas, el pigmento que permite llevar a cabo la fotosíntesis.

- **Los oligoelementos** intervienen en cantidades muy pequeñas, pero cumplen funciones esenciales en los seres vivos. Los principales son: hierro, cobre, cinc, silicio, yodo, manganeso y flúor.

  El más importante es el hierro, que forma parte de la hemoglobina de la sangre, necesaria entre los animales superiores para transportar el oxígeno a las células.



La sonda espacial Kepler fue lanzada en 2009 en busca de planetas fuera del sistema solar. En particular, se centra el interés en planetas de tamaño similar al nuestro, y se plantea el hecho de que contengan agua como requisito para que puedan albergar vida.

Los compuestos orgánicos e inorgánicos

Los bioelementos se combinan entre sí para formar las biomoléculas, es decir, los compuestos que integran el cuerpo de los seres vivos. Las biomoléculas se clasifican en dos grandes grupos: inorgánicas y orgánicas.

- Los compuestos inorgánicos son el agua y las sales minerales. El agua constituye entre el 65 y el 95 % de la masa de los seres vivos y es, por tanto, la biomolécula más abundante. En el agua se disuelven o dispersan las restantes biomoléculas, y en su seno transcurren las reacciones bioquímicas.

  Las sales minerales son, sobre todo, cloruros, carbonatos y fosfatos de calcio, sodio, potasio, hierro y otros metales. No superan el 1 % de la masa de los seres vivos, pero son imprescindibles para la vida.

- Los compuestos orgánicos son las sustancias derivadas del carbono. Estos compuestos se encuentran fundamentalmente en los seres vivos, de ahí que se les llame compuestos orgánicos.



Agua. Es el disolvente en el que se produce la mayor parte de las reacciones bioquímicas.

BIOELEMENTOS PRINCIPALES

Carbono	Hidrógeno	Oxígeno	Nitrógeno
Ovocito de cuatro células.	Epidermis con estomas.	Levadura.	ADN.
Los átomos de carbono pueden formar enlaces químicos muy estables con otros átomos de carbono, o con átomos de hidrógeno, oxígeno, nitrógeno, etc.	Interviene prácticamente en todos los compuestos orgánicos, junto al carbono, y forma parte del agua, junto al oxígeno.	Presente en los procesos de respiración y fermentación y formando parte de las moléculas orgánicas, junto al carbono y al hidrógeno.	Es menos abundante que los anteriores. Forma parte de las proteínas y de las bases nitrogenadas que forman los ácidos nucleicos, las moléculas que almacenan la información genética.

BIOELEMENTOS SECUNDARIOS

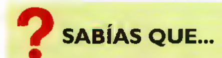
Azufre	Fósforo	Sodio	Potasio
Garra de un perezoso.	Cromosomas: mitosis.	Neuronas.	
Forma parte de las proteínas presentes, por ejemplo, en el pelo o en las uñas.	El fósforo forma compuestos con enlaces muy energéticos, lo que permite almacenar la energía liberada durante las reacciones de respiración. También interviene en la formación de lípidos.	El sodio, en forma de ion Na^+, es muy importante en la transmisión de los impulsos nerviosos y el control de la salinidad de una disolución. El potasio, como ion K^+, también interviene en la transmisión de los impulsos nerviosos.	

Calcio	Cloro	Magnesio
Nido con huevos de avestruz.	Sangre humana con alta concentración de glóbulos blancos.	Hojas verdes, clorofila.
Presente en los huesos, en los caparazones de moluscos y en procesos que determinan la sinapsis entre neuronas. Es vital durante las etapas del crecimiento para una correcta formación del esqueleto.	Interviene en la regulación de la salinidad de disoluciones y como componente del plasma sanguíneo.	Forma parte de la clorofila, el pigmento vegetal que hace posible la fotosíntesis en las plantas.

OLIGOELEMENTOS

Hierro	Yodo	Flúor
Glóbulos rojos y leucocito.	Microfotografía del tiroides.	Dentadura.
Es un elemento presente en la molécula de hemoglobina, encargada del transporte de gases en la sangre.	Es necesario para formar la hormona tiroidea. Su carencia provoca una enfermedad conocida como bocio.	Se encuentra en el esmalte de los dientes y también en los huesos.

Cobre	Cinc	Manganeso	Silicio
Cangrejo.	Tejidos del páncreas.	Radiografía de tibia y pie.	Campo de trigo.
Interviene en la respiración de muchos invertebrados acuáticos.	Abunda en el cerebro y el páncreas. Interviene en el control de la concentración de insulina en la sangre.	Interviene en la degradación de proteínas y en la formación de huesos y cartílagos.	Proporciona rigidez a los tallos de las gramíneas.



SABÍAS QUE...



Pastilla de jabón.

Al echar un vistazo a la sección de limpieza de cualquier supermercado, vemos montones de paquetes y botellas conteniendo detergentes para múltiples usos.

Desde que se inventó el jabón, la química y la limpieza siempre han ido de la mano. Antiguamente, el jabón se obtenía mezclando grasas animales o vegetales con las cenizas de determinadas plantas.

Hoy sabemos que esas cenizas contienen hidróxidos de sodio y de potasio; es decir, alcalinos (en árabe «ceniza» se dice «*al qali*»). El proceso de fabricación industrial actual del jabón difiere poco del casero, según la reacción:

Grasa + álcali $\Rightarrow$ jabón + glicerina

La escasez de las grasas naturales para la obtención de jabón hizo que se inventaran los detergentes, como sustitutivos del jabón.

Hay mucha variedad de jabones, y se fabrican a partir de otras materias primas. Por ejemplo, a partir de ácido sulfúrico y aceite de ricino u otras sustancias orgánicas.

Los compuestos de carbono

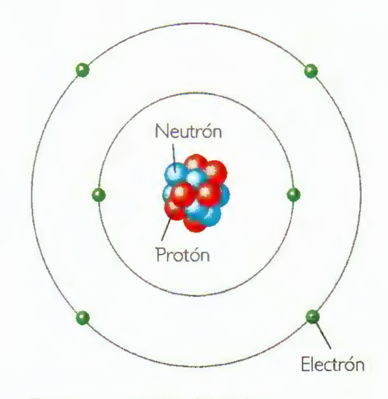
La química del carbono es la que estudia sustancias compuestas casi en su totalidad de carbono e hidrógeno, conteniendo también con frecuencia pequeñas proporciones de otros elementos, como el oxígeno, el nitrógeno, el azufre o los halógenos.

Características del carbono

El carbono es un elemento cuyos átomos tienen seis protones en su núcleo y seis electrones girando a su alrededor. Existen varios isótopos, aunque el más abundante tiene seis neutrones en el núcleo.

Los electrones del átomo de carbono se disponen en dos niveles: dos electrones en el nivel más interno y cuatro electrones en el más externo.

Esta configuración electrónica hace que los átomos de carbono tengan múltiples posibilidades para unirse a otros átomos (con enlace covalente), de manera que completen dicho nivel externo (ocho electrones).

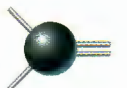


Estructura atómica del carbono.

Por este motivo, el carbono es un elemento apto para formar compuestos muy variados.

Como los enlaces covalentes son muy fuertes, los compuestos de carbono serán muy estables. Los átomos de carbono pueden formar enlaces simples, dobles o triples con átomos de carbono o de otros elementos (hidrógeno habitualmente en los compuestos orgánicos, aunque también existen enlaces con átomos de oxígeno, nitrógeno, fósforo, azufre...).

Evidentemente, los enlaces dobles y triples son más fuertes que los simples, lo cual dota al compuesto de una estabilidad aún mayor.

Enlace simple	Enlace doble	Enlace triple
La manera más sencilla en que se combina el carbono es compartiendo cada uno de sus cuatro electrones con un átomo diferente. En este caso, los enlaces se sitúan apuntando a los cuatro vértices de un tetraedro regular, con el carbono en el baricentro del mismo. Se dice entonces que el carbono actúa de forma **tetragonal**.  Posibilidad de formación de enlaces simples por parte de un átomo de carbono.	Otra posibilidad de combinación del carbono consiste en compartir dos electrones con un mismo átomo y cada uno de los otros dos electrones con átomos diferentes. En este caso, el enlace doble y los dos sencillos apuntan a los vértices de un triángulo aproximadamente equilátero, una vez más con el carbono en el baricentro. Se dice ahora que el carbono actúa de forma **trigonal**.  Enlaces simples y doble en un átomo de carbono.	Por último, el carbono también puede combinarse compartiendo tres electrones con otro átomo, en la práctica otro de carbono o uno de nitrógeno, y el electrón sobrante con un segundo átomo, generalmente de hidrógeno. En este caso, el enlace simple del carbono se sitúa en línea recta con el enlace triple y se dice que el carbono actúa de forma **lineal**.  Enlace simple y triple en un átomo de carbono.

Clasificación de los compuestos de carbono

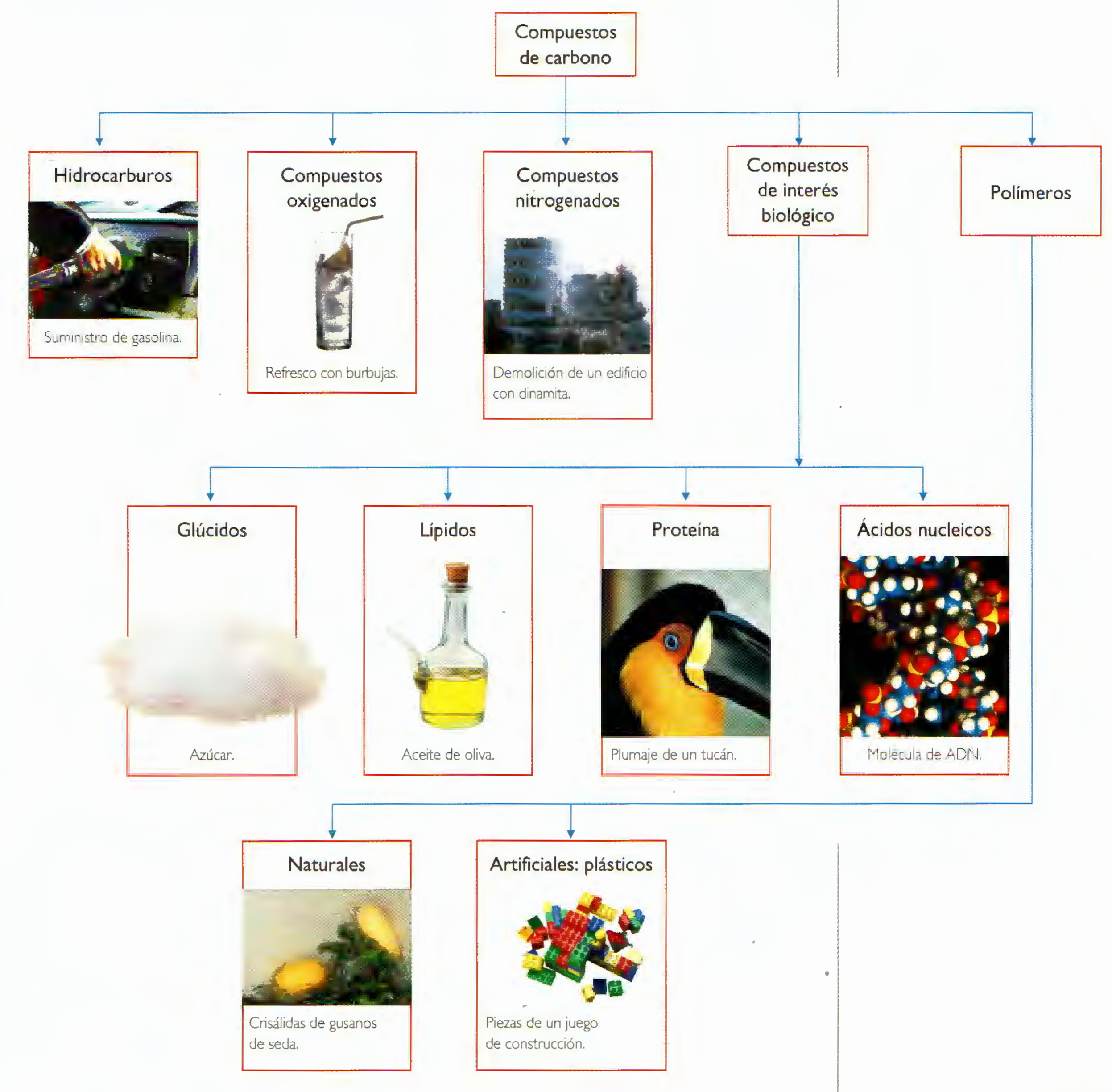
La complejidad de las moléculas de los compuestos orgánicos se debe a que los átomos de carbono se pueden unir entre sí formando largas cadenas que son como el «esqueleto» de las moléculas.

Las cadenas de carbono pueden ser lineales, ramificadas o cíclicas.

El carbono es el componente fundamental de la materia viva. Nuestro organismo está formado esencialmente por compuestos de carbono, como las proteínas, los glúcidos, las grasas o las vitaminas. Pero, además, los compuestos de carbono constituyen la mayoría de los materiales que nos rodean: plásticos, maderas, papel, medicinas, fibras sintéticas, colorantes, cosméticos, insecticidas, etc.

El número de compuestos de carbono es tan elevado (varios millones) que es importante clasificarlos. Los compuestos de carbono se clasifican en función de:

- Las clases de átomos presentes en el compuesto y las agrupaciones que forman. Cada grupo confiere al compuesto unas características químicas determinadas.
- El tipo de unión de estos átomos con el átomo de carbono.



? SABÍAS QUE...

El metano

El metano, CH_4, es el componente principal del gas natural. Constituye el llamado gas de los pantanos; y el gas grisú, en las minas de carbón.



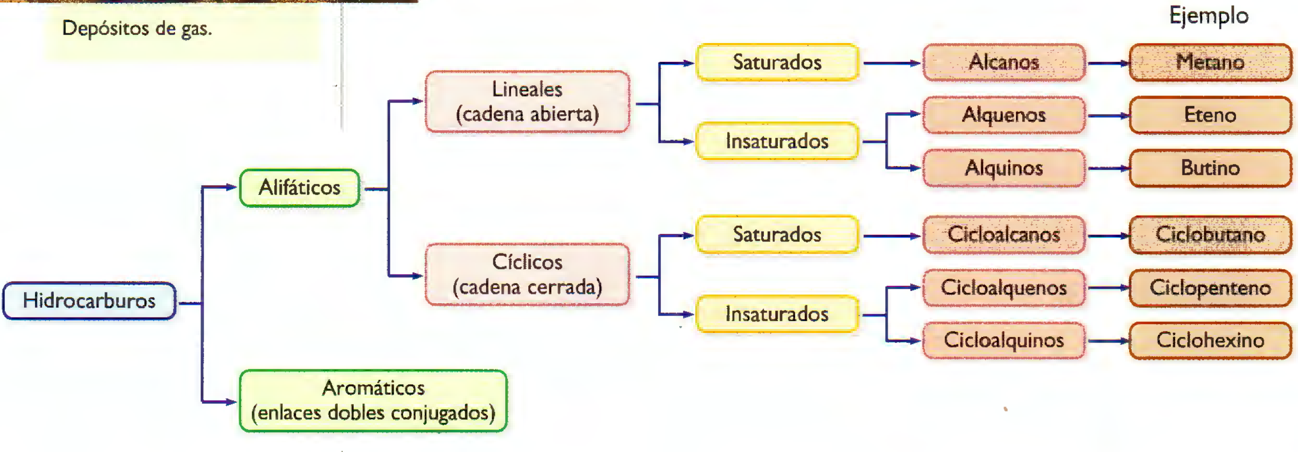
Depósitos de gas.

Hidrocarburos

Se denomina hidrocarburo a todo aquel compuesto orgánico que contiene únicamente átomos de hidrógeno (*hidro*) y carbono (*carburo*).

Podemos representar las cadenas de carbono de varias maneras:

Fórmula desarrollada	Fórmula semidesarrollada	Fórmula molecular
Tienen «desplegados» todos los enlaces. H H | | H – C – C – H | | H H	Explicita únicamente los enlaces entre carbonos, pero no los de estos con los hidrógenos. $CH_3 - CH_3$	Solo se indica el número de átomos de carbono y el número de átomos de hidrógreno presentes en la molécula. C_2H_6



Alcanos

Son hidrocarburos donde todos los enlaces son simples. Los más representativos son el metano, el etano, el propano y el butano.

```
    H              H   H              H   H   H              H   H   H   H
    |              |   |              |   |   |              |   |   |   |
H – C – H      H – C – C – H      H – C – C – C – H      H – C – C – C – C – H
    |              |   |              |   |   |              |   |   |   |
    H              H   H              H   H   H              H   H   H   H
```

Metano (CH_4) — Etano (C_2H_6) — Propano (C_3H_8) — Butano (C_4H_{10})

Los alcanos pueden ser de cadena **lineal** o de cadena **ramificada**.

Las cadenas ramificadas dan lugar a un fenómeno llamado **isomería de cadena**.

Los isómeros son compuestos que tienen la misma fórmula molecular, pero se diferencian en su estructura (diferente fórmula desarrollada). Lógicamente presentan propiedades químicas y físicas distintas.

Con cinco átomos de carbono y doce átomos de hidrógeno se pueden escribir tres compuestos diferentes, todos de fórmula molecular C_5H_{12}. Estos compuestos se llaman **isómeros**.

```
        H          C5H12
        |
    H - C - H
    H   |   H
    |   |   |
H - C - C - C - H
    |   |   |
    H   |   H
    H - C - H
        |
        H

2,2-dimetil-propano

    H   H   H   H        C5H12
    |   |   |   |
H - C - C - C - C - H
    |   |   |   |
    H   |   H   H
    H - C - H
        |
        H

2-metilbutano

    H   H   H   H   H        C5H12
    |   |   |   |   |
H - C - C - C - C - C - H
    |   |   |   |   |
    H   H   H   H   H

Pentano
```

Alquenos

Son hidrocarburos que contienen uno o más enlaces dobles. Ejemplos: eteno, propeno, buteno... Los alquenos también presentan isómeros, pero son isómeros de posición, ya que a partir del buteno el enlace doble puede colocarse en distintas posiciones y dar lugar así a diferentes compuestos.

Alquinos

Son hidrocarburos en los que hay al menos un enlace triple. Ejemplo de ellos son el etino o el butino. También presentan isomería de posición, y, a partir del butino, hay que especificar la posición del enlace triple en la molécula.

Hidrocarburos cíclicos

Además de todos los hidrocarburos citados, también existen en la naturaleza hidrocarburos cuyas cadenas carbonadas son cerradas, dando lugar a otra serie ingente de compuestos.

Los cicloalcanos son hidrocarburos formados por una cadena carbonada cerrada en la que todos los carbonos son tetragonales. Ejemplos: ciclobutano, ciclopenteno o ciclohexano.

Compuestos oxigenados

El oxígeno es un elemento cuyos átomos tienen ocho protones en su núcleo y ocho electrones, dispuestos así: dos electrones en el nivel interno y seis en el nivel externo. Así, puede formar enlaces covalentes simples o dobles al compartir uno o dos pares de electrones con otros átomos.

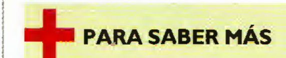
Esta capacidad de combinación del oxígeno da lugar a la existencia de un nuevo conjunto de compuestos carbonados, los cuales se pueden construir modificando cadenas de hidrocarburos con un pequeño grupo de átomos que contienen oxígeno. Cada uno de estos pequeños grupos, llamados grupos funcionales, confiere al hidrocarburo modificado unas propiedades específicas de gran interés.



Eteno y etino

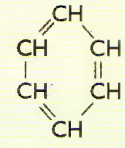
El eteno o etileno es un gas de olor agradable que se emplea como anestésico y para acelerar el proceso de maduración de las frutas y verduras. También se usa como materia prima para fabricar muchos productos.

El etino o acetileno es un gas incoloro y tóxico. Arde con una llama muy luminosa que alcanza una temperatura de 3.500 °C; por eso se emplea en el llamado soplete oxiacetilénico, para soldar metales. También se usa como materia prima.



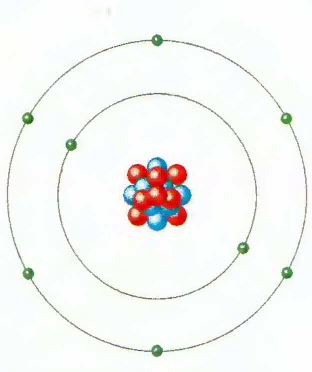
El benceno

Es un hidrocarburo, es decir, está formado por carbono e hidrógeno exclusivamente. Pero la cadena no es lineal, sino cíclica: se representa con los átomos de C (6) formando un hexágono.

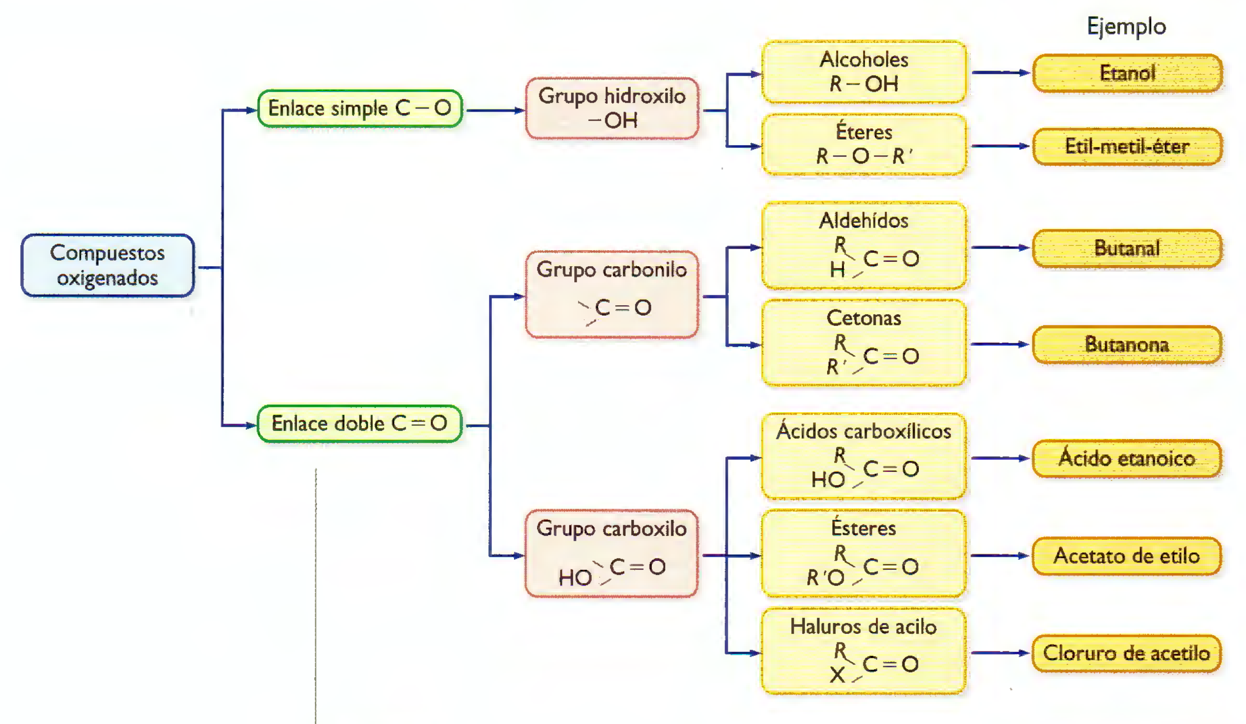


Su fórmula es C_6H_6.

La estructura del benceno fue descubierta por Friedrich A. Kekulé (1829-1896) mientras dormitaba.



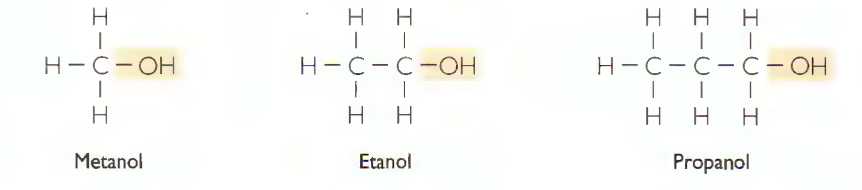
Estructura atómica del oxígeno.



Alcoholes

Los alcoholes son compuestos carbonados que resultan de sustituir, en un hidrocarburo de cadena abierta, un átomo de hidrógeno por un grupo hidroxilo (–OH).

Los alcoholes más sencillos son:



Los alcoholes son muy combustibles, arden con facilidad y en la combustión desprenden mucho calor.

Éteres

Los éteres son una variante de los alcoholes, que se obtienen sustituyendo el hidrógeno del grupo hidroxilo por un radical alcano.

Aldehídos

Son compuestos carbonados que resultan de sustituir en un hidrocarburo de cadena abierta un grupo carbonilo que tiene al menos un átomo de hidrógeno (–CHO).

Cetonas

Se utiliza el nombre de cetona para el caso en que los dos radicales del grupo carbonilado son diferentes del hidrógeno; dicho de otra manera, se llama cetona al compuesto que resulta de insertar un grupo carbonilo (>C = O) en una posición intermedia de un hidrocarburo.

La cetona más sencilla es la propanona o acetona, como se la conoce vulgarmente. Es un líquido de olor agradable, muy volátil. Se utiliza principalmente como disolvente.

El olor de muchos aldehídos y cetonas recuerda a las frutas, por lo que se emplean como aromatizadores.



El formaldehído

Es el metanal (aldehído que procede del metano). Es un gas de olor penetrante, venenoso para las bacterias. Por eso se usa como desinfectante y antiséptico. Se vende con el nombre de formol, que es una disolución de metanal en agua al 40 %.



PARA SABER MÁS

El etanol (CH_3-CH_2OH)

También se le llama alcohol etílico o simplemente alcohol.

Es un líquido incoloro, muy soluble en agua, muy inflamable y está presente en las bebidas alcohólicas.

Se obtiene de la fermentación de azúcares, como la glucosa o el almidón. Se utiliza como disolvente y combustible, y como materia prima para fabricar otros compuestos.

Glicerina ($CH_2OH-CHOH-CH_2OH$).

Puede haber alcoholes con más de un grupo $-OH$. La glicerina (propanotriol) es uno de ellos. Es un líquido incoloro. Se utiliza para elaborar explosivos (dinamita, nitroglicerina), en medicina y en cosmética, y para elaborar plásticos.

$$\begin{array}{ccccccc} & & H & & H & & H & \\ & & | & & | & & | & \\ H & - & C & - & C & - & C & - & H \\ & & | & & | & & | & \\ & & OH & & OH & & OH & \end{array}$$

Ácidos carboxílicos

Los ácidos carbonados o carboxílicos resultan de la conexión de un grupo carboxílico con un radical de hidrocarburo en el extremo de la cadena. En particular, este radical puede ser un simple hidrógeno.

El comúnmente conocido como ácido acético es el ácido etanoico. Es un líquido de olor fuerte y picante, y además soluble en agua.

El vinagre contiene alrededor de un 5 % de ácido acético.

El ácido fórmico (metanoico) está presente en el líquido de la picadura de las hormigas.

Ésteres

Se forman cuando, en la molécula de un ácido carboxílico, se sustituye el hidrógeno del subgrupo hidroxilo por un radical de alcano. El resultado es un compuesto llamado éster.

Los ésteres son sustancias muy corrientes en la naturaleza y, en general, poseen un olor agradable, por lo que con frecuencia son constituyentes básicos de muchos aromas.

Los ésteres más importantes que aparecen en la naturaleza son las grasas y los aceites. Las grasas se forman a partir de la esterificación de ácidos grasos de tipo alcano, como el ácido esteárico, con la glicerina (propanotriol). Sin embargo, los aceites son el resultado de la esterificación de un ácido de tipo alqueno (ácido oleico) con glicerina.



Las ceras son ésteres de ácidos grasos y alcoholes superiores. Las más conocidas son la cera de abeja y la lanolina o cera de la lana, que se emplean en productos farmacéuticos y de belleza, en la fabricación de velas y de crema de zapatos.

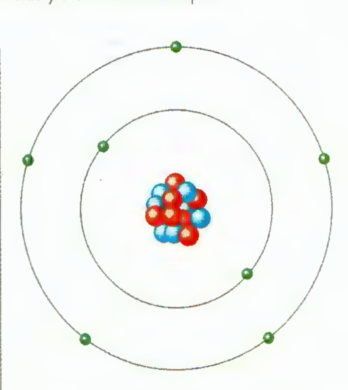


Los jabones y detergentes se obtienen mediante la hidrólisis de ésteres.

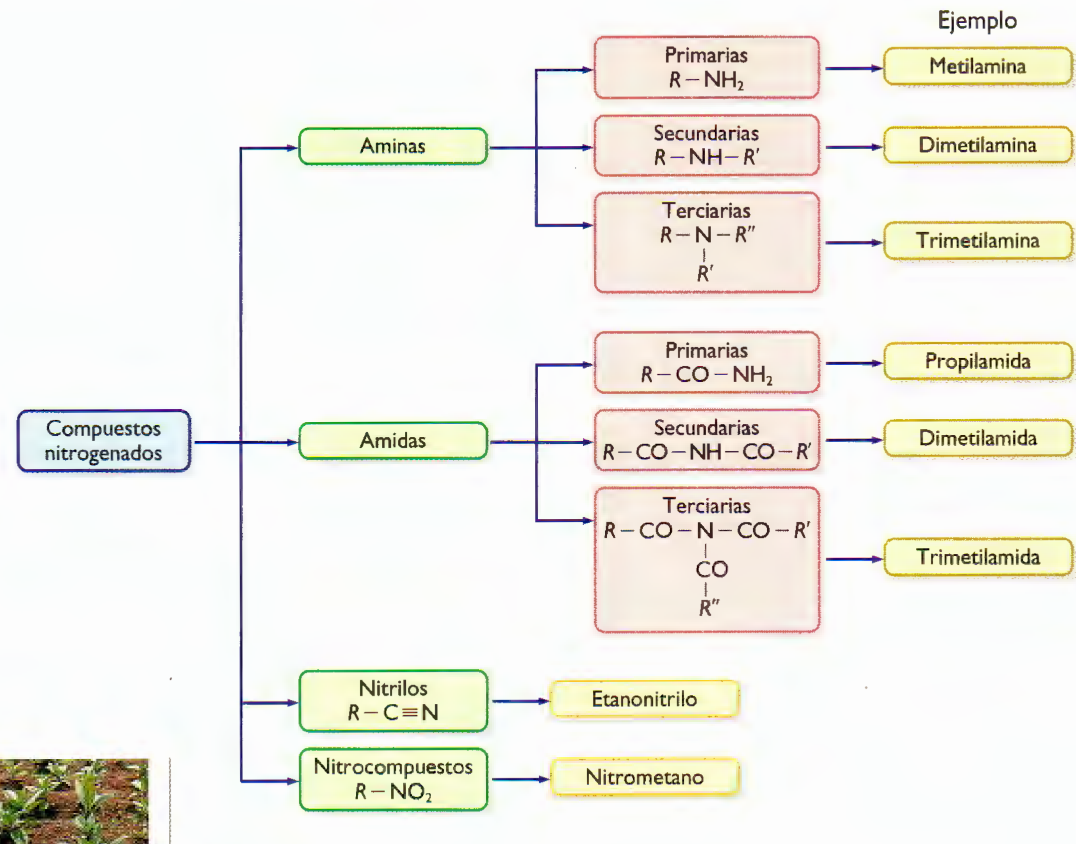
Compuestos nitrogenados

Los átomos de nitrógeno tienen siete protones en su núcleo y siete electrones, dispuestos de la siguiente manera: dos electrones en el nivel interno y cinco en el nivel externo. Así, puede formar enlaces covalentes simples, dobles o triples al compartir uno, dos o tres pares de electrones con otros átomos. Por tanto, puede formar enlaces simples, dobles o triples con los átomos de carbono.

Esta característica del nitrógeno da lugar a otro conjunto importante de compuestos carbonados, que resultan de la modificación de hidrocarburos o compuestos oxigenados mediante un grupo funcional nitrogenado.



Estructura atómica del nitrógeno.





Cultivo de tabaco. Los alcaloides, como la nicotina del tabaco o la morfina que procede del opio, son aminas con actividad fisiológica.

Aminas

Se pueden considerar como compuestos derivados del amoniaco (NH_3) en el que uno, dos o los tres hidrógenos han sido sustituidos por radicales orgánicos, constituyendo de esta forma las aminas primarias, secundarias o terciarias, respectivamente. Ejemplo: etilamina, $CH_3-CH_2NH_2$.

Amidas

Derivan de los ácidos carboxílicos, cuando se sustituye el grupo $-OH$ del ácido por el grupo amino: $-NH_2$. Ejemplo: etanoamida, CH_3-CONH_2.

Nitrilos

Incluyen el grupo ciano: $-C\equiv N$. Se emplean como disolventes. Ejemplo: etanonitrilo, $CH_3-C\equiv N$.



Nitrocompuestos

Presentan el grupo nitro: $-NO_2$.
Ejemplo: nitroetano, $CH_3-CH_2NO_2$.

La metilamina es uno de los productos de la putrefacción del pescado y el responsable en parte del olor a pescado podrido. El olor de la carne en descomposición se debe a la putrescina, amina formada al descomponerse las proteínas.

Propiedades de los compuestos de carbono

Propiedades físicas

Debido al elevadísimo número de compuestos de carbono diferentes, resulta prácticamente imposible encontrar propiedades físicas comunes para todos ellos. No obstante, podemos hablar de las propiedades de determinados grupos de compuestos.

- Así, debido al carácter covalente de los enlaces, y como no existen fuerzas fuertes entre las moléculas, las temperaturas de fusión y de ebullición son, en general, bajas. Así, los hidrocarburos más sencillos son gases o líquidos a temperatura ambiente. A medida que aumenta el número de carbonos del hidrocarburo, sin embargo, los compuestos que obtenemos son líquidos o sólidos.
  - El metano, el etano, el propano y el butano son gases a temperatura ambiente.
  - El pentano, el hexano... hasta el hidrocarburo que tiene quince carbonos son líquidos a temperatura ambiente. Estos hidrocarburos están presentes, por ejemplo, en los combustibles (nafta, gasoil).
  - Los hidrocarburos con más de quince carbonos son sólidos. En este grupo están presentes las ceras y las parafinas.
- La densidad de los compuestos de carbono es, en general, menor que la del agua.
- Respecto a la solubilidad, los hidrocarburos más sencillos no resultan solubles en agua, aunque sí son solubles en otros disolventes orgánicos, como el alcohol.

Propiedades químicas

Los compuestos de carbono no tienen un carácter iónico; por ello, los enlaces tienen un marcado carácter covalente.

Los enlaces covalentes son enlaces bastante fuertes y difíciles de romper. Por este motivo, las reacciones en las que intervienen compuestos de carbono son, en general, lentas; y a menudo necesitan la presencia de catalizadores para que la reacción se produzca a un ritmo apreciable. (Y en muchos casos elevadas temperaturas.)

Otra propiedad importantísima desde el punto de vista práctico es la capacidad energética de los hidrocarburos. En las reacciones de combustión se genera una gran cantidad de energía. Como productos de desecho se obtiene siempre dióxido de carbono y agua. Observa algunas reacciones:

- Metano: $CH_4 + 2\ O_2 \Rightarrow CO_2 + 2\ H_2O$ + energía
- Etano: $2\ C_2H_6 + 7\ O_2 \Rightarrow 4\ CO_2 + 6\ H_2O$ + energía
- Butano: $2\ C_4H_{10} + 13\ O_2 \Rightarrow 8\ CO_2 + 10\ H_2O$ + energía

El gas natural o el petróleo, por ejemplo, están formados por una mezcla de hidrocarburos.

Sólido



Vela.



Gas

Envases de butano.



Líquido

Nafta.

Nombre	Temperatura de fusión (°C)	Temperatura de ebullición (°C)	Densidad (g/cm³)
Metano	−182,5	−161,5	0,42
Etano	−183,2	−89,0	0,55
Propano	−187,7	−42,1	0,58
Butano	−138,5	−0,6	0,58
Pentano	−129,7	36,0	0,63
Hexano	−95,4	68,6	0,66
Heptano	−90,6	98,4	0,78
Octano	−56,8	125,6	0,70
Nonano	−53,7	150,7	0,72
Decano	−29,7	174,0	0,73

Propiedades de los hidrocarburos más sencillos.
El número de carbonos aumenta a medida que descendemos por la tabla: el metano tiene un solo átomo de carbono, el etano tiene dos y el decano tiene diez.

Compuesto	Valor energético (kJ/kg)
Metano	55.640
Etano	51.990
Propano	50.450
Butano	49.600
Acetileno	49.980
Etanol	29.710

Valor energético de combustibles. La energía se obtiene de la energía acumulada en los enlaces covalentes (carbono-carbono, carbono-hidrógeno y carbono-oxígeno).

Compuestos orgánicos de interés biológico

Los seres vivos están constituidos por agrupaciones de átomos, compuestos sencillos (agua y sales inorgánicas o minerales) o complejos (compuestos orgánicos). Se trata fundamentalmente de los glúcidos, las grasas, las proteínas y los ácidos nucleicos.

Glúcidos o hidratos de carbono

Los glúcidos o hidratos de carbono son los constituyentes principales de las plantas. Ellas los fabrican por medio de la fotosíntesis.

Estos compuestos están formados por carbono, hidrógeno y oxígeno, principalmente (también pueden incorporar átomos de nitrógeno, fósforo y azufre). Tienen un esqueleto de carbono al que se unen grupos $-OH$ y un grupo aldehído ($-CHO$) o cetona ($>C=O$).

Los más sencillos se llaman monosacáridos, como la glucosa ($C_6H_{12}O_6$). La sacarosa ($C_{12}H_{22}O_{11}$) es un disacárido (formado por dos monosacáridos) muy importante: es el azúcar ordinario.

La unión de muchos monosacáridos da lugar a los polisacáridos, como el almidón, que constituye un excelente alimento, y la celulosa, que se encuentra en las paredes de las células vegetales.



Monosacárido



La glucosa es uno de los componentes de los azúcares de las uvas.

Disacárido



La sacarosa ($C_{12}H_{22}O_{11}$), el azúcar ordinario, está formada por la unión de dos anillos. Se extrae de la caña de azúcar y de la remolacha.

Polisacáridos



Las semillas y las raíces de las plantas contienen almidón. En este, los anillos se repiten, ramificándose, entre unas 300-1.000 veces.



Las estructuras fibrosas de las plantas están formadas por celulosa, su tejido de sostén. Es como el almidón, pero su molécula es lineal y mucho más grande, aproximadamente más de 2.000 anillos.

PARA SABER MÁS

Almidón en los alimentos

El almidón es un hidrato de carbono muy abundante en los alimentos de origen vegetal: patatas, arroz, trigo, legumbres... De hecho, constituye la principal fuente de energía de los seres humanos.

La presencia de almidón en los alimentos se reconoce porque produce un intenso color azul con el reactivo de lugol. Este reactivo no es más que yodo disuelto en una disolución previa de yoduro potásico, algo similar a la tintura de yodo que probablemente tengas en el botiquín de tu casa.

Por otro lado, sobre el almidón actúan enzimas digestivas que lo transforman en glucosa. Una de estas enzimas es la ptialina presente en la saliva.

El almidón se emplea a veces fraudulentamente para abaratar costes en la fabricación de algunos alimentos procedentes de la industria alimentaria, como queso, jamón cocido, salchichas, etc. Dicha práctica está perseguida legalmente porque engaña al consumidor acerca de las características del producto adquirido.



Lípidos o grasas



Alimentos ricos en grasas.

Los lípidos están formados por C, H y O. Los más sencillos son los ácidos grasos, constituidos por muchos átomos de carbono.

- Cuando todos los enlaces entre los átomos de carbono son sencillos, el compuesto se dice saturado.
- Si, por el contrario, contiene algún enlace doble o triple entre dos átomos de carbono, se dice que el compuesto es insaturado.

Las grasas y aceites pertenecen a un mismo tipo de compuestos llamados triglicéridos. Estos se forman cuando se combinan químicamente los ácidos grasos con la glicerina.



Los triglicéridos de origen vegetal suelen ser insaturados, y los de origen animal, saturados.

Los lípidos también son fundamentales para los seres vivos, aunque un exceso de algunos compuestos puede provocar trastornos en la salud.

Los alimentos ricos en grasas saturadas forman sedimentos en el interior de los vasos sanguíneos, por lo que se debe controlar su consumo.

En el organismo, los lípidos tienen una función estructural (forman parte, por ejemplo, de las membranas celulares), de reserva (son el principal almacén energético del organismo), como catalizadores de reacciones metabólicas (algunas vitaminas son lípidos) o una función de transporte (ácidos biliares).

Son lípidos el ácido oleico, presente en el aceite, el colesterol o la vitamina D_2.

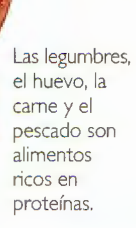
Proteínas

Las proteínas son moléculas muy complejas formadas por la unión de grupos más pequeños, llamados aminoácidos, en los que intervienen tanto el nitrógeno como el oxígeno (además del carbono y el hidrógeno).

Las proteínas se diferencian unas de otras por los aminoácidos que las componen, y el número y el orden de aminoácidos que las forman.

También existen proteínas en las que, además de los aminoácidos, intervienen otros componentes (elementos, glúcidos, lípidos...).

Las proteínas tienen una función estructural (el colágeno forma parte de los tejidos de músculos y huesos) y una función de transporte (la hemoglobina, por ejemplo, es la proteína encargada del transporte del oxígeno en la sangre).



Las legumbres, el huevo, la carne y el pescado son alimentos ricos en proteínas.



SABÍAS QUE...

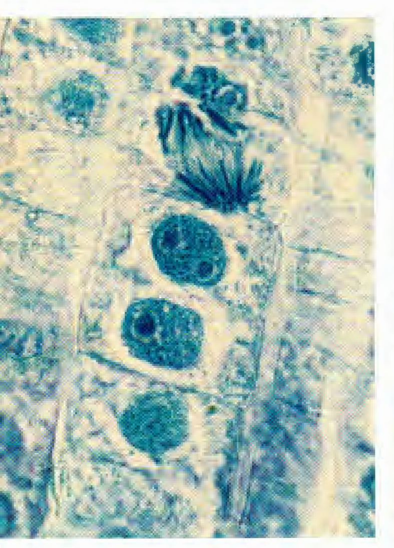
Aminoácidos

En los organismos vivos se encuentran unos 20 aminoácidos que difieren en la cadena hidrocarbonada.

```
    NH2 O                   NH2 O
     |  ||                   |  ||
 H - C - C - OH       CH3 - C - C - OH
     |                       |
     H                       H
  Glicina                 Alanina
```

El grupo $-NH_2$ de un aminoácido puede combinarse con el grupo ácido de otro y formar cadenas muy largas.

```
      CH3 O         H   O          CH3 O          H
       |  ||        |   ||          |  ||         |
 ......C - C - NH - C - C - NH - C - C - NH - C......
       |            |               |             |
       H            H               H             H
```



El ADN está presente en el núcleo de las células.

Ácidos nucleicos

Los ácidos nucleicos son macromoléculas que intervienen en los procesos de reproducción celular y en la síntesis de proteínas en el interior de las células.

En ellos intervienen el carbono, el hidrógeno, el oxígeno, el nitrógeno y el fósforo.

- El ADN (ácido desoxirribonucleico) contiene la información genética que determina las características de un individuo. Es capaz de autorreplicarse.
- El ARN (ácido ribonucleico) es el encargado de dirigir la formación de proteínas en el interior de las células.

Ambas moléculas están formadas por una sucesión de bloques, llamados nucleótidos, unidos entre sí mediante enlaces químicos. En cada nucleótido hay:

- Ácido fosfórico.
- Un glúcido: ribosa (en el ARN) o desoxirribosa (en el ADN).
- Una base nitrogenada: adenina, timina, uracilo, citosina o guanina.

En el ADN hay adenina, timina, citosina y guanina. En el ARN hay adenina, uracilo, citosina y guanina. Las bases se combinan por parejas:

- Adenina con timina (o con uracilo en el ARN).
- Citosina con guanina.



CÓMO HACER

En la etiqueta de un postre lácteo podemos leer la composición que aparece a la derecha.

Si el envase contiene una porción de 140 g de dicho producto, determinar:

a) La cantidad de cada uno de los componentes que contiene.

b) El número de porciones que habría que consumir para tomar la cantidad de calcio recomendada por la UE.

VALOR MEDIO POR 100 g	
Proteínas	3,3 g
Hidratos de carbono	20,8 g
Grasas	1,9 g
Calcio	102 mg
(18 % de CDR por unidad)*	

*Cantidad diaria media recomendada por la UE.

a) Conociendo la composición en 100 g, las cantidades existentes en 140 g serán proporcionales a estas:

- Proteínas:

$$\frac{100 \text{ g de producto}}{3{,}3 \text{ g de proteínas}} = \frac{140 \text{ g de producto}}{x} \rightarrow x = \frac{140 \cdot 3{,}3}{100} = 4{,}62 \text{ g de proteínas}$$

- Hidratos de carbono:

$$\frac{100 \text{ g de producto}}{20{,}8 \text{ g de hidratos de carbono}} = \frac{140 \text{ g de producto}}{y} \rightarrow y = \frac{140 \cdot 20{,}8}{100} = 29{,}12 \text{ g de hidratos de carbono}$$

- Grasas:

$$\frac{100 \text{ g de producto}}{1{,}9 \text{ g de grasas}} = \frac{140 \text{ g de producto}}{z} \rightarrow z = \frac{140 \cdot 1{,}9}{100} = 2{,}66 \text{ g de grasas}$$

- Calcio:

$$\frac{100 \text{ g de producto}}{0{,}102 \text{ g de calcio}} = \frac{140 \text{ g de producto}}{v} \rightarrow v = \frac{140 \cdot 0{,}102}{100} = 0{,}143 \text{ g de Ca}$$

b) 0,102 g de calcio representa el 18 % del calcio total recomendado, por tanto, esta cantidad será:

$$m = \frac{0{,}102 \cdot 100}{18} = 0{,}56 \text{ g}$$

El número de porciones necesarias para consumir 0,56 g de calcio son:

$$n = \frac{0{,}56 \text{ g}}{0{,}143 \text{ g/porción}} = 4 \text{ porciones}$$

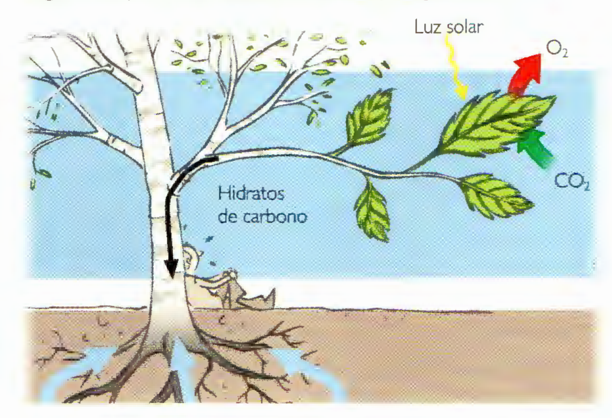
Las reacciones bioquímicas

Todos los seres vivos necesitan alimentarse y respirar. La gran diferencia entre los animales y las plantas es que los animales necesitan que los alimentos les lleguen en forma de compuestos orgánicos; en cambio, las plantas pueden sintetizarlos dentro de sus células.

La fotosíntesis

¿Cómo producen los seres vivos estas sustancias? Todo comienza con las plantas, las cuales toman el carbono del CO_2 de la atmósfera y elaboran glúcidos, proteínas y grasas. Estas sustancias pasan al resto de los seres vivos cuando los animales consumen las plantas.

La fotosíntesis es el proceso de fabricación de materia orgánica a partir de materia mineral (inorgánica).



Durante la fotosíntesis, el agua (H_2O) que las plantas absorben por sus raíces reacciona con el dióxido de carbono (CO_2) que las plantas absorben por sus hojas, formándose oxígeno (O_2) y productos como la glucosa, el almidón, la celulosa, etc.

$$6\ CO_2 + 6\ H_2O + \text{calor} \xRightarrow{\text{luz}} \underset{\text{glucosa}}{C_6H_{12}O_6} + 6\ O_2$$

La fotosíntesis es una reacción endotérmica; es decir, absorbe energía. La energía necesaria para que transcurra la reacción la proporciona la luz solar.

La importancia de la fotosíntesis no solo radica en la producción de sustancias orgánicas que sirven de alimento al resto de los seres vivos. En este proceso también se libera oxígeno.

Si no fuera por la fotosíntesis, las reservas de oxígeno atmosférico se agotarían, ya que las combustiones y la respiración de los seres vivos son procesos que consumen continuamente O_2.

La respiración

Los animales obtienen la energía que necesitan a partir de los alimentos, en el proceso que se denomina respiración. La glucosa es la principal fuente de energía:

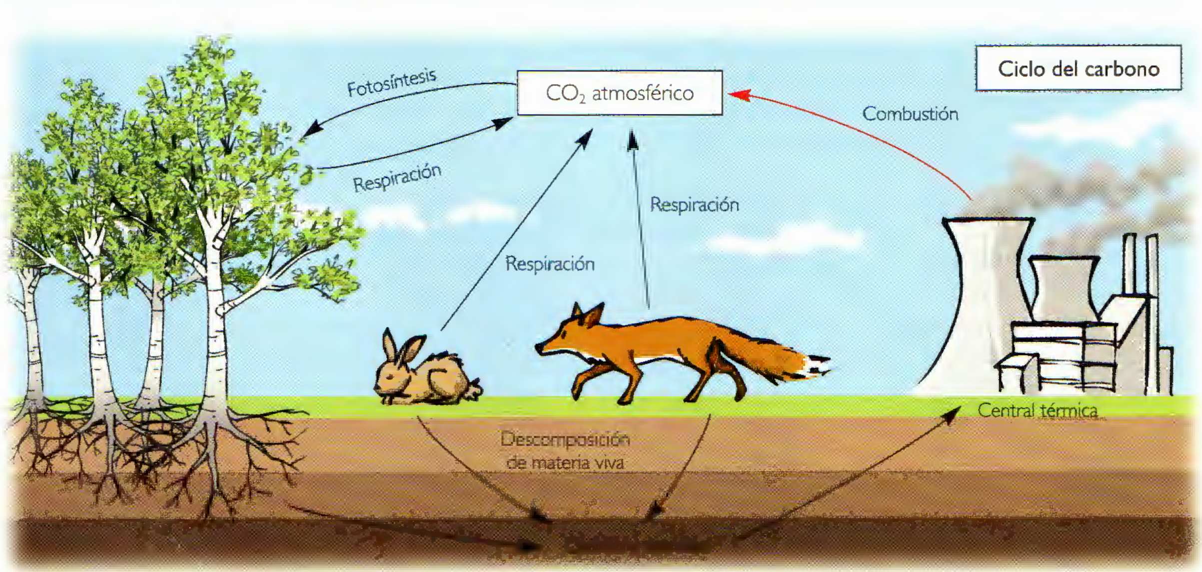
$$\underset{\text{glucosa}}{C_6H_{12}O_6} + 6\ O_2 \Rightarrow 6\ CO_2 + 6\ H_2O + \text{calor}$$

Esta reacción exotérmica se produce en el interior de las células. Allí llega el oxígeno a través de los vasos sanguíneos, que previamente han recogido en los pulmones.

El CO_2, producto de la reacción, pasa de las células a los vasos sanguíneos, que lo transportan a los pulmones para ser expulsado al exterior.

La respiración y la fotosíntesis son procesos inversos. En el transcurso de la respiración, en la que se quema glucosa (reacción exotérmica), los animales y las plantas utilizan la energía (en forma de energía química con la glucosa) que a su vez las plantas captaron del Sol durante la fotosíntesis (reacción endotérmica).

El ciclo del carbono es el conjunto de procesos mediante los cuales se realiza el intercambio del carbono entre los seres vivos y el medio inerte que los rodea.



Química y energía



Plataforma petrolífera. A partir del petróleo se obtienen productos muy variados.

A lo largo de toda su historia, la humanidad ha buscado siempre fuentes de energía necesarias para su supervivencia, su comodidad o su desarrollo tecnológico. ¿Pueden ser las reacciones químicas un recurso valioso en este empeño? Sin duda, puesto que algunas desprenden energía.

¿Hay energía química?

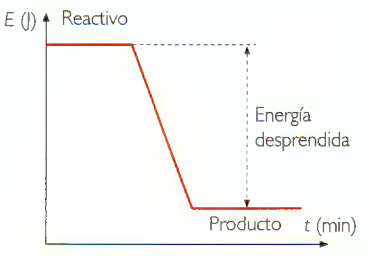
Cuando se produce una reacción química:

Reactivos $\Rightarrow$ Productos

tiene lugar un cambio material, pero no solo eso, sino también energético.

Sucede que todas las partículas tienen una energía interna debida a la clase de átomos que las forman, a sus enlaces, al estado físico y a otros factores diversos. Así que las partículas de los reactivos tienen una energía interna y las de los productos tienen la suya propia, distinta a la anterior.

- Si la energía de los productos es mayor que la de los reactivos, es preciso comunicar energía para que la reacción pueda producirse. Son las reacciones **endotérmicas**.
- Si la energía de los productos es menor que la de los reactivos, la energía sobrante se desprende, generalmente en forma de calor. Estamos en presencia de reacciones **exotérmicas**.



Esquema simple de una reacción exotérmica.

Ahora bien, para aprovechar en la práctica esa energía, son necesarias una serie de condiciones:

- Los reactivos deben ser baratos, de fácil acceso, abundantes.
- La reacción química no debe presentar dificultades técnicas de realización.
- La reacción tiene que desarrollarse deprisa y desprender mucho calor.

¿Cuáles pueden ser esas reacciones? Sobre todas las demás, hay unas que cumplen esos requisitos y que ya conoces: son las combustiones. Las combustiones obedecen generalmente al siguiente esquema:

Combustible + oxígeno $\Rightarrow$ dióxido de carbono + agua + energía.

Combustible: aceite



Combustible: queroseno



Combustible: madera





Combustible: hidrógeno líquido

Hay muchos tipos de combustibles, pero en la actualidad destacan por su importancia los derivados del petróleo.

El petróleo

El petróleo es un producto líquido, oscuro y viscoso, constituido por una mezcla muy compleja de hidrocarburos (compuestos orgánicos de carbono e hidrógeno), aunque pueden aparecer otras sustancias que contienen nitrógeno y azufre.

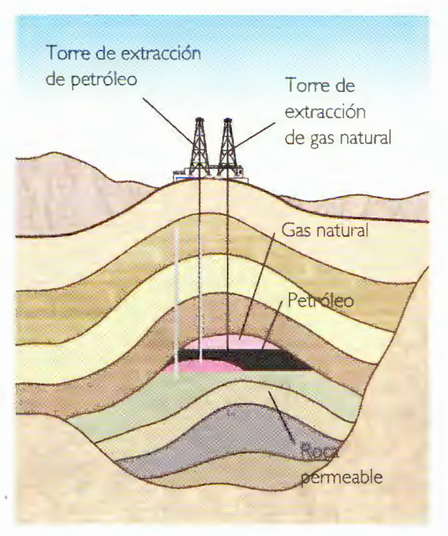
¿Cómo se originó?

La formación de los yacimientos petrolíferos tiene su origen en el depósito de microorganismos animales y vegetales, hace varios cientos de millones de años, en el fondo de los océanos. Este depósito, junto con otros sedimentos minerales, ha sufrido una transformación muy lenta en la que han intervenido temperaturas de hasta 150 °C y presiones próximas a 1.000 atmósferas.

El resultado de este proceso es una roca compacta donde se generan poco a poco hidrocarburos líquidos o gaseosos, los cuales tienen tendencia a remontar a la superficie porque su densidad es menor que la del agua y que la de las rocas sedimentarias. En ocasiones afloran a la superficie terrestre productos bituminosos, lo que ha generado la palabra petróleo: «aceite de piedra».

Estos hidrocarburos detienen su ascenso cuando encuentran una falla o un anticlinal formados por rocas impermeables. Entonces se acumulan en rocas porosas dando lugar a los yacimientos actuales.

Normalmente, los gases, que son menos densos, ocupan la parte superior de la roca porosa, después se sitúan los petróleos y, por último, el agua en la parte inferior. No se forman bolsas o lagos subterráneos de gas y petróleo, como se cree a veces.



Depósito de petróleo. El producto, tal como se extrae del yacimiento, se llama crudo.

Los yacimientos petrolíferos se detectan fundamentalmente mediante procedimientos sísmicos. Este estudio, unido a las medidas de las variaciones del campo magnético terrestre y del valor de la gravedad, permite conocer de manera precisa la situación de los yacimientos. No obstante, como es lógico, estos análisis no se hacen en cualquier parte, sino que previamente se debe tener confirmación, por parte de los geólogos, de que la estructura rocosa y los fósiles presentes corresponden a un lugar presuntamente petrolífero.

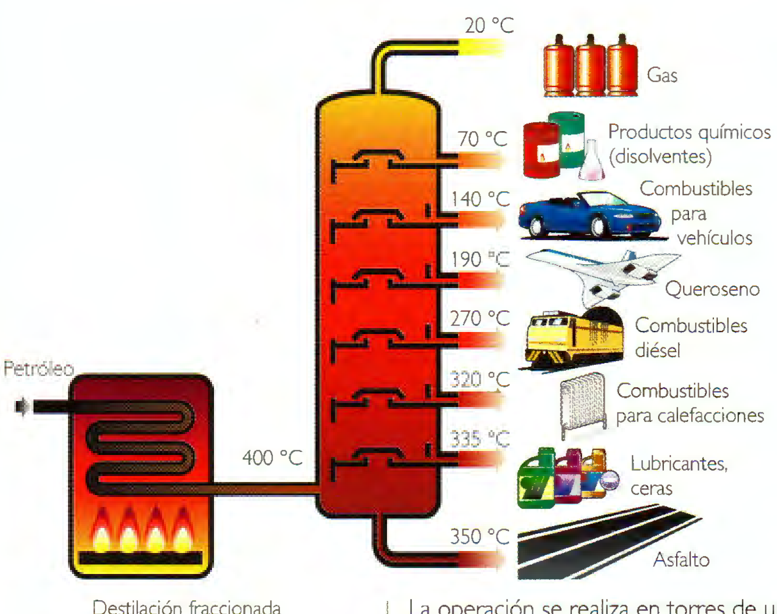
Composición y refinado del petróleo

El petróleo crudo que se obtiene de un yacimiento petrolífero es un líquido más o menos viscoso y de color variable: hay petróleos de color amarillo pálido y petróleos negros. Está formado esencialmente por hidrocarburos, desde el metano hasta compuestos carbonados con más de treinta átomos de carbono. Contiene además compuestos oxigenados, nitrogenados y sulfurados. La presencia del azufre puede provocar la corrosión de los materiales, por lo que se hace necesaria su eliminación.

El petróleo bruto tal y como sale de los yacimientos es generalmente inutilizable. Mediante un tratamiento se transforma en los diferentes productos que demanda la sociedad actual. La transformación del petróleo en productos utilizables recibe el nombre de refinado, operación que implica esencialmente dos actuaciones: destilación fraccionada y *cracking*.



El gran valor del petróleo hace que su explotación sea rentable incluso en desiertos o en alta mar.



Destilación fraccionada del petróleo.

Destilación fraccionada

Cuando se calienta una mezcla de líquidos cuyas temperaturas de ebullición son diferentes, se produce una mezcla de vapores que es más rica en los componentes más volátiles; es decir, de temperatura de ebullición más baja. Así, si se refrigera esta mezcla de vapores hasta que condensa (destilación), resulta un líquido más rico que el original en componentes volátiles, y, al mismo tiempo, el líquido original es más rico en componentes menos volátiles.

Repitiendo este proceso de destilación de manera sucesiva sobre los líquidos resultantes, se consigue descomponer la mezcla original en una serie de líquidos cuyas temperaturas de ebullición son diferentes. Este proceso recibe el nombre de destilación fraccionada, y es el que se aplica al petróleo para separar sus distintos constituyentes.

La operación se realiza en torres de unos 8 m de diámetro y hasta 60 m de altura. Los componentes del petróleo se depositan en las bandejas de condensación situadas en los diferentes niveles de la torre, quedando ordenados de menor a mayor volatilidad.

Fragmentación catalítica o «cracking»

En las bandejas inferiores de las torres de destilación fraccionada se depositan los compuestos más pesados del petróleo crudo original, que con frecuencia superan ampliamente en cantidad a la demanda del mercado. Por esta razón se les somete a un tratamiento que consiste en romper sus moléculas y generar sustancias más ligeras y volátiles.

Esta reacción de ruptura se produce a una temperatura de unos 500 °C y a presión atmosférica, utilizando como catalizador una zeolita, que es un aluminosilicato. Como consecuencia, se obtienen naftas catalíticas de gran calidad (50 %), junto a gasoil (15 %), butano (10 %), propano (5 %), metano y etano (5 %), y residuos poco utilizables.

Por último, conviene destacar que mediante reacciones químicas adecuadas, realizadas a partir de los derivados del petróleo, se obtiene toda una serie de productos absolutamente necesarios para la sociedad actual, como pueden ser los plásticos y fibras, las resinas, las pinturas, los colorantes, etc.

Producto	Composición	Temperatura de destilación	Utilidad
Gases y olefinas	Hidrocarburos de hasta 4 átomos de C (metano, etano, propano, butano)	Hasta 30 °C	Combustibles, plásticos
Éter de petróleo	Hidrocarburos de 5 a 7 átomos de C	Entre 30 y 80 °C	Disolventes. Lavado en seco
Nafta	Hidrocarburos de 7 a 12 átomos de C	Entre 80 y 200 °C	Combustibles para motores. Disolventes
Queroseno	Hidrocarburos de 12 a 15 átomos de C	Entre 200 y 250 °C	Combustible en aviación. Calefacción
Gasoil	Hidrocarburos de 16 a 18 átomos de C	Entre 250 y 350 °C	Combustible para motores diésel y hornos
Aceites lubricantes	Hidrocarburos con más de 20 átomos de C	Por encima de 350 °C	Lubricación
Asfalto	Residuo sólido negro	—	Pavimentación de carreteras, pinturas

? SABÍAS QUE...

La nafta, un derivado del petróleo

La nafta se obtiene a partir del petróleo. Es una mezcla de hidrocarburos de C_4 y C_{10} donde la concentración de alifáticos es mayor que la de cíclicos y aromáticos. En el motor, la nafta se quema; es decir, se produce su combustión. Esta reacción es exotérmica, y la energía liberada se transforma en energía mecánica que mueve al vehículo.

La combustión de la nafta produce un desprendimiento de varias sustancias que provocan diferentes alteraciones en la naturaleza.

Emisión de gases	Problemas medioambientales que produce
CO_2	Efecto invernadero.
CO	Venenoso en la sangre en pequeñas cantidades.
$NO_x + S$	Lluvia ácida.
Hidrocarburos no quemados	Cancerígenos. Reaccionan fotoquímicamente produciendo ozono.

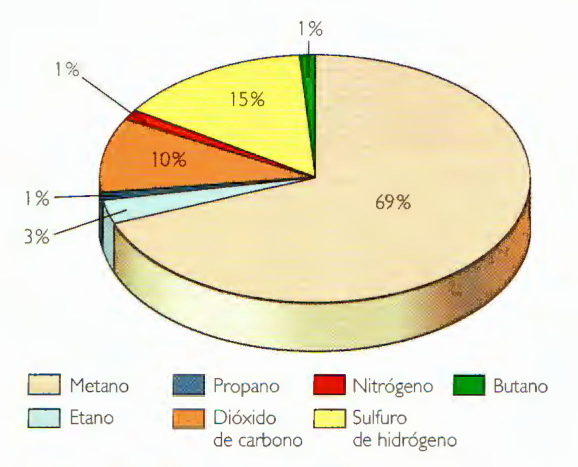
Composición y uso del gas natural

El gas natural que se sitúa en la parte superior de un yacimiento petrolífero está constituido básicamente por metano, llegando a alcanzar un porcentaje del 95%. Junto a él se encuentran otros hidrocarburos ligeros, como el etano, el propano y el butano, además de nitrógeno, sulfuro de hidrógeno y dióxido de carbono.

El gas natural se utiliza fundamentalmente como combustible doméstico e industrial, pero también se emplea como materia prima para la producción de diversos compuestos de gran interés.

Entre los productos finales obtenidos por esta vía cabe citar el ácido sulfúrico, el acetileno, el metanol, el amoniaco y el ácido nítrico.

El metano no es tóxico, pero mezclado con el aire es muy inflamable e incluso explosivo cuando la mezcla guarda ciertas proporciones, por lo que debe ser manipulado con las debidas garantías.

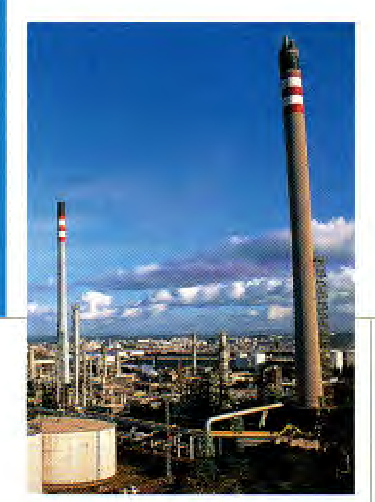


Composición en volumen del gas natural.

Poder calorífico de combustibles

Combustible	Poder calorífico (kcal/kg)	1 kg de combustible alumbrará una lámpara de 100 W durante...	Usos
Madera (según) composición)	2.500-4.000	1 h 39 min - 2 h 39 min	Calefacción
Carbón (según) composición)	4.000-9.000	2 h 39 min - 5 h 58 min	Calefacción
Alcohol	6.500	4 h 19 min	Transporte terrestre
Gasoil	10.325	6 h 51 min	Transporte terrestre y marítimo, calefacción
Nafta 95	10.400	6 h 54 min	Transporte terrestre
Nafta 98	10.550	7 h 00 min	Transporte terrestre
Butano	10.900	7 h 14 min	Calefacción
Petróleo	11.000	7 h 18 min	Preparación de combustibles
GLP (gas licuado de petróleo)	11.000	7 h 18 min	Transporte
Gas natural (metano)	11.500	7 h 38 min	Calefacción, transporte
Hidrógeno	28.700	19 h 04 min	Cohetes

Química y **actividad industrial**


Industria petroquímica.

Los productos de la naturaleza tienen un aprovechamiento limitado para las personas. Por eso, desde la más remota Antigüedad ha sido necesario transformar esos productos naturales mediante la actividad industrial.

Tipos de industrias químicas

Entre los muchos tipos de industrias destacan las industrias químicas, de fuerte crecimiento en el siglo pasado y, hoy día, uno de los pilares básicos de la economía mundial.

A continuación aparecen las principales áreas de trabajo de las industrias químicas.

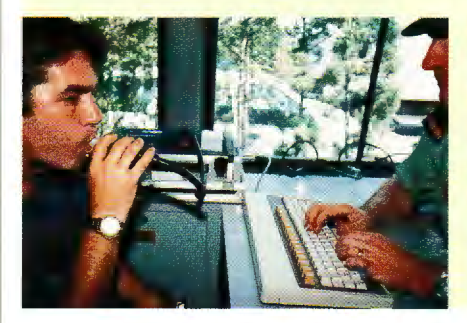
- **Petroquímica.** Se ocupa de los productos derivados del petróleo y su utilización.
- **Metalúrgica.** Obtención de metales (acero, cobre, aluminio) a partir de sus menas naturales.
- **Agrícola.** Fabricación de abonos, insecticidas, pesticidas y otros productos similares.
- **Farmacéutica.** Investigación, preparación y comercialización de toda clase de medicamentos.
- **Alimentaria.** Preparación de alimentos y su conservación.
- **Textil.** Obtención de fibras que se transforman en tejidos.
- **Materiales de construcción.** Fabricación de cementos, cerámicas, yesos, pinturas, etc.
- **Productos intermedios.** Obtención de ácido sulfúrico, amoniaco, etc., utilizados por otras industrias.

? SABÍAS QUE...

Alcoholímetros

Los primeros dispositivos utilizados para medir el alcohol etílico en el aliento de los conductores consistían en una boquilla con un producto químico de color amarillo (dicromato de potasio) en su interior que, al reaccionar con el etanol presente en el aliento, cambia a color verde.

Lo que ha ocurrido es una reacción redox (reducción y oxidación), ya que el dicromato ha oxidado al etanol reduciéndose él a una sal de Cr^{3+} de color verde.



Coches metalizados

El galvanizado es una técnica química que se utiliza para recubrir objetos y materiales (medallas, cuberterías, pulseras, relojes, carrocerías de motos y coches, etc.) con metales como níquel, cromo, plata, oro…, para hacerlos más atractivos, brillantes y duraderos.

Los cromados y niquelados se obtienen por electrólisis de sales de cromo y níquel, respectivamente, colocando como electrodo negativo el objeto a recubrir.



Los 13 productos inorgánicos más utilizados

La actividad química industrial emplea productos químicos como materias primas, y constituye uno de los pilares básicos de la economía mundial, hasta el punto de que el desarrollo industrial de un país se puede estimar por la producción de algunos productos químicos, como el ácido sulfúrico (EE.UU., 25,7 %; Rusia, 17,9 %; Japón, 5,4 %; España, 2,5 %). En la siguiente lista aparecen los trece productos químicos inorgánicos producidos en mayor cantidad durante los últimos años.

Producto	Usos y aplicaciones		
1. Ácido sulfúrico	• Fertilizantes • Fármacos • Colorantes • Pintura	• Papel • Detergentes • Deshidratante • Explosivos	• Fabricación de productos químicos • Refinado de petróleo
2. Nitrógeno	• Síntesis de amoniaco • Fabricación de productos químicos	• Metalurgia • Industria aéreo-espacial	
3. Oxígeno	• Fabricación de acero • Combustible de naves espaciales	• Papel • Medicina • Metalurgia	
4. Amoniaco	• Colorantes • Fertilizantes	• Fibras • Plásticos	• Explosivos
5. Óxido de calcio	• Tratamiento de aguas	• Fabricación de productos químicos	• Metalurgia
6. Hidróxido de sodio	• Industria del papel	• Tratamiento de aguas	• Refinado de petróleo
7. Ácido fosfórico	• Fertilizantes • Alimentación	• Farmacia • Metalurgia	
8. Cloro	• Blanqueado	• Tratamiento de aguas	
9. Carbonato de sodio	• Vidrio	• Jabones	• Detergentes
10. Ácido nítrico	• Fertilizantes • Explosivos	• Fabricación de productos químicos	
11. Nitrato de amonio	• Fertilizantes	• Explosivos	
12. Dióxido de carbono	• Refrigerante	• Bebidas carbónicas	• Fabricación de metales
13. Ácido clorhídrico	• Fabricación de productos químicos	• Industria del petróleo	

? SABÍAS QUE...

¿De qué están hechos los chalecos antibalas?

El componente fundamental de los chalecos antibalas es un polímero llamado kevlar. Este plástico o polímero fue descubierto en 1965 y debe sus propiedades a la regularidad de su estructura. Es más fuerte que el acero y más elástico que la fibra de carbono, resiste las llamas y se apaga por sí mismo. Con propiedades tan excelentes no es raro que, aparte de servir para fabricar chalecos antibalas, se utilice para blindajes militares, cañas de pesca, raquetas de tenis o zapatillas deportivas. Un chaleco corriente de kevlar puede absorber la energía de una bala que viaje a 370 m/s procedente de una pistola. En este caso, la piel se hundiría unos 4 cm, presión que no causaría lesiones graves. Si se fabrica un chaleco con más capas de kevlar, se pueden detener proyectiles más potentes.

Los plásticos

¿Una vida sin plástico? Nos resultaría difícil acostumbrarnos. Recipientes, tejidos, bolsas, embalajes, electrodomésticos, interruptores... La lista es interminable, aunque la historia de los plásticos es relativamente reciente.



Los plásticos en la historia

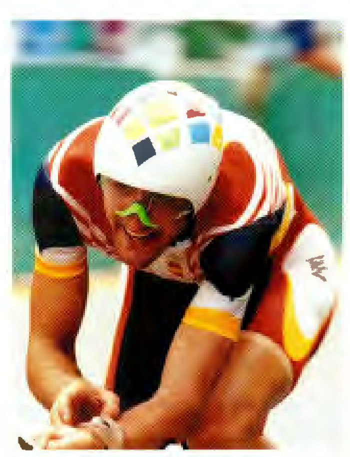
Los primeros plásticos, obtenidos a partir de materia prima vegetal, datan de la década de1860. En concreto, se trató químicamente la celulosa con ácido nítrico obteniéndose nitrato de celulosa, más conocido como celuloide. Con él se fabricaron objetos decorativos, mangos de utensilios domésticos o cuellos de camisa, por citar algunos ejemplos.

En 1909 se encontró una nueva materia prima, el alquitrán de hulla, con el que se obtuvo la baquelita, un plástico ampliamente utilizado como aislante en los mecanismos eléctricos: enchufes, interruptores...

Desde principios del siglo XX se experimentó a gran velocidad y los científicos empezaron a comprender los mecanismos que regulan las reacciones químicas que dan lugar a estos nuevos materiales: así comenzó su producción y utilización masiva.

Desde la década de 1930 se fabrica el nailon y van apareciendo el polietileno, el poliuretano, los poliésteres, las siliconas, etc.

Hoy en día se siguen descubriendo nuevos materiales en los que se consiguen propiedades tales como: ligereza, tenacidad, elasticidad, resistencia a la llama y al calor, e incluso conductividad eléctrica, algo que hasta hace poco parecía vetado a los plásticos.



El traje de los ciclistas está hecho de lycra.

¿Qué es un plástico?

Los plásticos son polímeros, moléculas gigantes formadas a partir de las moléculas sencillas que se repiten llamadas monómeros (mono → uno).

Hay una gran variedad de polímeros sintéticos, que pueden ser plásticos o fibras sintéticas y que se elaboran a partir del petróleo y otras sustancias químicas.

Los plásticos son materiales que se ablandan cuando se calientan y que se endurecen cuando se enfrían, lo que permite moldearlos. Se clasifican en dos grandes grupos:

- **Termoplásticos.** Se ablandan al calentarlos, y así se les puede moldear, tantas veces como se desee. Un ejemplo es el polietileno.

  Con algunos termoplásticos se pueden fabricar fibras sintéticas, haciendo pasar el plástico fundido a través de orificios muy finos. La lycra o el nailon son fibras sintéticas.
- **Termoestables.** Una vez endurecidos, no se ablandan por calentamiento ni pueden ser ya moldeados. Por ejemplo, la baquelita.



Los paracaidas están hechos de nailon.



Teléfono de baquelita.

¿Por qué son tan interesantes?

Los plásticos se han hecho prácticamente imprescindibles en la sociedad moderna, debido, sobre todo, a las siguientes propiedades y características.

- **Seguridad e higiene.** No producen cortes como el vidrio o productos nocivos como, por ejemplo, los metales al oxidarse.
- **Resistencia, ligereza y durabilidad.** Aguantan muy bien los impactos, no se corroen por oxidación como los metales y son mucho menos pesados.
- **Economía.** En general, el plástico es mucho más barato que los materiales a los que sustituye, tanto en la fabricación a partir de la materia prima como del producto acabado.
- **Adaptabilidad.** Con pequeñas modificaciones, conseguidas al utilizar ciertas sustancias que se añaden a la composición básica, los llamados aditivos, el mismo material sirve para diferentes aplicaciones.
- **Reciclables y reutilizables.** Siempre y cuando los consumidores tomemos conciencia de ello y separemos la basura en origen, facilitando su recogida selectiva.

Reciclaje de plásticos

Los plásticos presentan un serio inconveniente: su eliminación. Los plásticos, en general, son sustancias muy estables que no se degradan; es decir, no son atacadas por bacterias que las descompongan. El poliestireno, por ejemplo, es una basura permanente. Dentro de doscientos años, en unas excavaciones, podría aparecer un pedazo del vaso que hemos usado hoy.

No obstante, los residuos de plástico se pueden tratar de diferentes maneras, y conseguir reciclarlos para volver a utilizarlos.

El reciclaje de plásticos comienza con la recogida selectiva de los plásticos, que se separan y se clasifican. Luego se trituran, homogeneizan y, por último, se funden, obteniéndose de nuevo el polímero reciclado, listo para ser usado y fabricar nuevos objetos. Lógicamente, los termoplásticos son los plásticos que se pueden reciclar más fácilmente.

En la actualidad se fabrican plásticos fotodegradables incorporando a la cadena de monómeros compuestos sensibles a la luz solar, pero no a la luz artificial (por ejemplo, en polímeros comunes, como el polietileno o el poliestireno).

Los plásticos compostables se elaboran con monómeros que se degradan en menos de seis semanas, porque son atacados por bacterias y hongos.

Como norma, con cualquier material que usemos conviene practicar las tres «r»: **R**educir su consumo, **R**eutilizarlo tantas veces como resista y **R**eciclarlo cuando ya no sea útil.

Botellas de plástico para reciclar.



PARA SABER MÁS

Plásticos y sus usos

Polietileno: aislamiento eléctrico, bolsas, sacos de dormir…

Poliestireno: vasos para líquidos calientes, cintas de vídeo, aislante térmico, «corcho blanco».

Cloruro de polivinilo, PVC: impermeables, tuberías, cortinas de baño, discos, cajas.

Plexiglás: ventanillas de aviones, lentes de contacto.

Teflón: recubrimiento antiadherente de utensilios de cocina, tapicerías.

Poliuretano: cojines, colchones, gomaespuma.

Policarbonato: sustrato para CD.

Baquelita: aislante eléctrico, enchufes, tapas de ollas, lacas y barnices.

La industria farmacéutica

Hasta hace unos dos siglos, muchas personas morían o sufrían largos períodos en cama a causa de enfermedades que hoy se curan con facilidad gracias a la administración de nuevos medicamentos. La investigación y búsqueda de fármacos más eficaces es permanente.



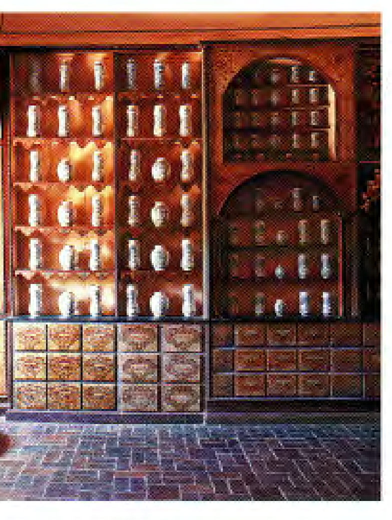
Laboratorio químico.

Objeto de la industria farmacéutica

La búsqueda de medicamentos ha sido una preocupación constante de la humanidad desde la antigüedad más remota. En todas las épocas se han utilizado productos naturales, en especial jugos o sustancias extraídas de las plantas, a veces ligeramente modificados para eliminar posibles efectos nocivos.

La industria farmacéutica, es decir, la elaboración de medicamentos sintéticos en laboratorios, tiene una historia reciente (poco más de un siglo) y su espectacular desarrollo se debe a las aportaciones e investigaciones de la ciencia química.

Pero la industria farmacéutica actual sigue utilizando componentes naturales extraídos de las plantas (y de algunos animales), para elaborar los medicamentos.



Las farmacias actuales se diferencian de las de hace un siglo, sobre todo, en el origen de los productos ofrecidos a los clientes para tratar las enfermedades. Antes, todo estaba elaborado a base de ingredientes naturales; ahora, muchos medicamentos se elaboran sintéticamente en los laboratorios.

NORMAS DE SEGURIDAD

Uso de los medicamentos

Hay que recordar las advertencias que deben acompañar a la publicidad de los medicamentos:

- VEA LAS INSTRUCCIONES DE ESTE MEDICAMENTO.
- CONSULTE A SU MÉDICO O FARMACÉUTICO.
- NO DEJE ESTE MEDICAMENTO AL ALCANCE DE LOS NIÑOS.

Por tanto, hay que tener mucho cuidado con los medicamentos. Nunca debemos:

- Automedicarnos. Hemos de seguir las indicaciones del médico.
- Suspender el tratamiento que nos recete el médico porque ya nos encontremos bien. Especialmente en el caso de tratamientos con antibióticos.

Uso de los antibióticos

Una de las noticias alarmantes de los últimos años es que ciertas infecciones bacterianas resultan ya indemnes ante cualquier antibiótico. Los antibióticos son necesarios para el control de las infecciones causadas por bacterias, pero pueden tener también algunos efectos no deseados si se hace de ellos un uso incorrecto. Pueden producir mutaciones en las bacterias, lo que las podría hacer insensibles a la acción de esos mismos antibióticos.

Los antibióticos son un recurso al que se debe acudir solo cuando sea realmente necesario. Mucha gente toma antibióticos en infecciones producidas por virus sin saber que, en esos casos, los antibióticos no tienen ningún efecto beneficioso en el organismo.

Los fármacos

Todos los medicamentos son productos químicos de naturaleza muy diversa, a veces muy complejos y difíciles de obtener. A continuación se describen brevemente algunos grupos de fármacos de especial interés.

- **Antibióticos.** Son sustancias químicas que actúan contra los microorganismos productores de enfermedades, ya sea matándolos (penicilina, amoxicilina, estreptomicina) o impidiendo su desarrollo (sulfamidas, cloramfenicol).

  Permiten curar enfermedades infecciosas en vías respiratorias, digestivas, urinarias, etc., muchas de ellas mortales antes del descubrimiento de la penicilina por Alexander Fleming (1881-1955) en 1929.

- **Analgésicos y antipiréticos.** Muchas enfermedades habituales producen dolor (cabeza, garganta, músculos) y fiebre. Para combatir el dolor se utilizan los analgésicos y, para controlar la fiebre, los antipiréticos.

  Con frecuencia, los síntomas de dolor y fiebre se presentan asociados (gripe, resfriados...), por lo que se han elaborado medicamentos que combaten ambas dolencias simultáneamente. Los más conocidos son el ácido acetilsalicílico y el paracetamol.

- **Desinfectantes.** Destruyen los microorganismos patógenos que pueden penetrar en nuestro interior a través de la piel (heridas, erosiones...) o de órganos superficiales (nariz, boca, etc.).

  Ejemplos: alcohol, agua oxigenada y tintura de yodo.

- **Antiinflamatorios.** Combaten la inflamación de cualquier tejido, músculo u órgano, ya sea debida a causas físicas (golpe) o infecciones (microorganismos).

  Aunque hay una gran variedad de estos fármacos, destacan la cortisona y también los derivados del ácido salicílico, productos próximos a la aspirina.

? SABÍAS QUE...

Anestesia



La primera anestesia quirúrgica fue utilizada en 1844 por Horace Wells, dentista de Connecticut que utilizó el N_2O, un anestésico poco potente que se emplea en obstetricia, en intervenciones dentales y para anestesia general. Posteriormente se utilizaron otras sustancias, como el éter sulfúrico y el cloroformo. Otro método para provocar anestesia local fue el frío, que se conseguía con éter, alcohol o nieve carbónica.

- **Vacunas.** No son propiamente medicamentos que curen enfermedades, pero sí fármacos que evitan que esas enfermedades se produzcan. Son, por tanto, objeto de estudio de la industria química farmacéutica.

  Previenen enfermedades, como el sarampión, la rubéola, el tétanos, la tos ferina, la difteria, etc.



Diferentes vacunas.

PARA SABER MÁS

Acción de los antiácidos

El jugo gástrico contiene cloruro de hidrógeno (HCl), con un pH de 1,5, que favorece la digestión de los alimentos. Gracias a la capa de mucosa, la pared del estómago está protegida y no se autodigiere. La concentración de HCl aumenta con comidas copiosas, estrés o ingestión de medicamentos. Los «antiácidos» (bicarbonato de sodio, hidróxido de aluminio), combaten y neutralizan el exceso de acidez.



Cangrejos luchando contra la caries

Uno de los problemas de salud más habituales en las sociedades desarrolladas es la caries. Los restos de comida que quedan entre los dientes pueden convertirse en azúcares que, oxidándose a ácidos (gracias a algunas bacterias) causan serios perjuicios en los dientes.

Algunos investigadores de la Universidad de Portsmouth (Reino Unido) sostienen que una pasta dentífrica hecha del caparazón del cangrejo podría reducir las infecciones dentales. Parece ser que una de las sustancias presentes en el caparazón elimina las bacterias

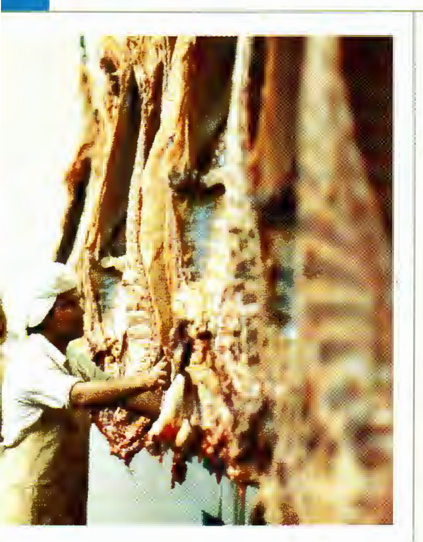


La industria alimentaria

A lo largo del tiempo, el ser humano ha ido diversificando su dieta y perfeccionando las técnicas para la conservación de los alimentos, con lo que el deterioro de los productos que consumimos es un proceso cada vez más controlado.



La salazón o adición de sal común (cloruro de sodio) es una técnica que se ha empleado durante siglos para la conservación de muchos alimentos.



La carne se conserva en grandes cámaras frigoríficas.

¿Qué es la industria alimentaria?

Hay muchos alimentos que consumimos tal y como los proporciona la naturaleza o con pequeños cambios. Suelen comprarse en los mercados y son productos perecederos, como fruta, verdura, carne, pescado, huevos…

Pero hay otros muchos que necesitan una transformación importante para su consumo (yogures, zumos, conservas, pastas, etc.) e incluso su fabricación artificial (refrescos). De esos procesos se ocupa la industria alimentaria.

Unido al problema de la producción de alimentos está el de su conservación, ya que los alimentos se pudren por la acción de microorganismos, se enrancian por la acción del oxígeno del aire, pierden lentamente su sabor característico, se endurecen, etc.

Para evitar estos perjuicios, es necesario utilizar aditivos alimentarios de diversos tipos. Su naturaleza y clasificación están reguladas por leyes muy rigurosas.



Una de las últimas innovaciones en la alimentación ha sido la aparición de los alimentos transgénicos, esto es, que han sido modificados genéticamente en busca de determinadas mejoras. Existe polémica acerca de que estos alimentos podrían dañar la salud o el medio ambiente.

Aditivos alimentarios

Clase	Función que desempeñan	Ejemplos
Conservantes	Impiden el crecimiento de microorganismos	• Nitrito de potasio....... (E-249) • Ácido sórbico .... (E-200)
Antioxidantes	Evitan la oxidación o enranciamiento	• Ácido cítrico .... (E-330) • Ácido ascórbico .... (E-300)
Colorantes	Modifican el color y mejoran el aspecto externo	• Eritrosina........................ (E-127) • Óxido de hierro.......... (E-172) • Aluminio........................ (E-137)
Acidulantes	Aumentan la acidez e intensifican el sabor	• Ácido fosfórico............ (E-338) • Ácido acético .... (E-260) • Ácido cítrico .... (E-330)

En la actualidad, además de aditivos, la industria química alimentaria utiliza muchos métodos para la conservación de muchos alimentos de origen vegetal (patatas, ajos, cebollas, etc.). Estos métodos destruyen los microorganismos o impiden la contaminación de los alimentos por parte de microorganismos de las partes germinativas sin dañar la masa comestible, con lo que se conservan mucho más tiempo.

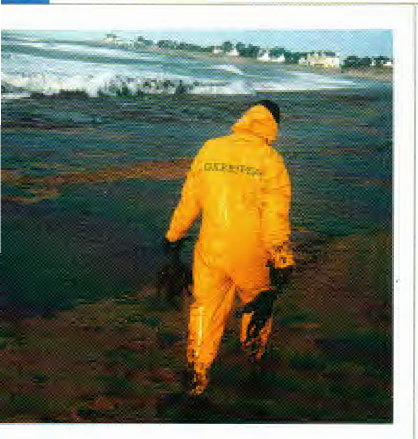
Métodos de conservación de los alimentos

Refrigeración	Congelación	Esterilización	Pasteurización
Consiste en someter los alimentos a temperaturas bajas, aunque sin llegar a los 0 °C, con el fin de retrasar su descomposición, al menos, durante unos días. Ejemplos: frutas, carnes, pescados, productos lácteos…	Los alimentos se someten a temperaturas inferiores a −10 °C con el fin de mantenerlos sanos durante semanas o meses. Ejemplos: alimentos precocinados, helados, mariscos, pescados, frutas…	Este tratamiento elimina las bacterias de los alimentos al someterlos a una temperatura superior a 100 °C durante unos 15-30 minutos. Ejemplo: productos lácteos, verduras.	Es uno de los procesos de esterilización más usados, en el que los alimentos se someten a una temperatura de unos 80 °C durante unos pocos minutos. Ejemplo: leche, manteca y productos lácteos.
Azúcar	**Salazón**	**Secado**	**Liofilización**
Los alimentos se bañan en azúcar, que se disuelve fácilmente en agua, para ayudar a su deshidratación y evitar así la presencia de microorganismos. Ejemplos: mermeladas, confituras…	Es una técnica muy antigua. Se añade sal a los alimentos para evitar la contaminación de bacterias y hongos. Ejemplos: anchoas y otros pescados, carnes…	Consiste en eliminar agua de los alimentos. Se consigue así un medio más hostil con el fin de evitar el desarrollo de microosganismos. Ejemplos: frutas…	Es una técnica más costosa. Básicamente, consiste en deshidratar los alimentos mediante sublimación al vacío. Ejemplos: leche, levadura, zumos, infusiones, sopa, café…
Vinagre	**Envasado al vacío**	**Ahumado**	**Radiación**
Los alimentos se introducen completamente en vinagre. Así se evita su deterioro, pues el vinagre es un medio hostil para los microorganismos. Ejemplos: aceitunas, pepinillos…	Los alimentos se almacenan en recipientes de los que se extrae el aire, con el fin de evitar contacto con microorganismos que los contaminen. Ejemplos: tomate, zumos…	Los alimentos se sitúan en una cámara por la que circula el humo procedente de la combustión de materia orgánica. El humo, como en otros casos, evita la presencia de muchos microorganismos. Ejemplos: salmón, jamón…	Los alimentos se radian con determinados isótopos radiactivos. Esto alarga notablemente su vida al evitar el desarrollo de microorganismos. Ejemplos: frutillas, tomates…

Existen otros métodos, como la conservación en aceite o en escabeche, muy empleados, sobre todo, para conservar pescado.

Química y **medio ambiente**

La industria química transforma unas sustancias inservibles para las personas en otros productos que nos resultan necesarios o útiles a diario. Todo ello parece muy positivo para nuestro bienestar y nuestro progreso. Sin embargo, esa enorme actividad provoca también problemas.



Muchas organizaciones no gubernamentales (ONG) luchan para evitar la contaminación del medio ambiente.

Los problemas de la química industrial

Las industrias químicas vierten al medio ambiente grandes cantidades de productos residuales con efectos nocivos para toda la humanidad. Es decir, la actividad industrial química contamina el medio ambiente.

Existen leyes que regulan y tratan de evitar esos vertidos contaminantes. Hay también procedimientos técnicos para eliminarlos, en su mayoría. Pero, hoy por hoy, las leyes son permisivas y los procedimientos, costosos, por lo que el problema aún permanece en nuestro mundo actual.

La contaminación del aire

Muchos procesos industriales envían a la atmósfera gases contaminantes perjudiciales para los seres vivos.

En términos técnicos suelen tipificarse cinco contaminantes básicos del aire:

- El monóxido de carbono (CO). Se forma en la combustión incompleta (escasez de oxígeno) del carbono, gasolina o gases de las cocinas domésticas en mal estado. Su inspiración impide la llegada de oxígeno a las células. Es mortal en muy pequeñas dosis.
- El dióxido de azufre (SO_2). Se produce en la combustión de carbones y derivados del petróleo. Además de dar lugar a la lluvia ácida, puede ser respirado y ataca a los pulmones.
- Los óxidos de nitrógeno, de fórmula diversa. Se comportan de modo similar al dióxido de azufre.
- Los hidrocarburos. Salen a la atmósfera como resultado de la evaporación de las gasolinas u otros derivados del petróleo. Por el momento, no parecen presentar graves problemas.
- Las macropartículas, de origen muy diverso. Están suspendidas en el aire y confieren a este un aspecto gris y nebuloso. Al ser inspiradas, se depositan en los alvéolos pulmonares, perjudicando la función respiratoria.

? SABÍAS QUE...

Catalizadores y contaminación

Todos los automóviles modernos incorporan catalizadores en los tubos de escape, constituidos por unas rejillas que contienen metales nobles, como platino, y óxidos metálicos (NiO). La función química es transformar los óxidos de nitrógeno y los hidrocarburos no quemados en gases menos contaminantes: nitrógeno, oxígeno, dióxido de carbono y agua.



+ PARA SABER MÁS

El *smog*

La palabra *smog* procede de la contracción de los términos ingleses *smoke* (humo) y *fog* (niebla).

El *smog* se produce cuando, por razones diversas, los contaminantes del aire se concentran sobre una determinada zona.

Es muy perjudicial, especialmente para niños y ancianos.



Contaminación en Atenas.

? SABÍAS QUE...

Funciones del óxido nítrico

El óxido nítrico es un gas contaminante en la atmósfera, pero desempeña un papel clave en procesos como el intercambio de mensajes entre neuronas, la destrucción de microorganismos y el control de la presión arterial.

Actualmente, entre las numerosas aplicaciones que tiene el óxido nítrico está el desarrollo de nuevos medicamentos contra la arteriosclerosis o reducir la elevada presión arterial en niños con patología pulmonar.



Contaminación del aire.

La lluvia ácida

El carbón y algunos derivados del petróleo contienen cantidades apreciables de azufre (S). Al arder estos combustibles en las calderas de las fábricas, también arde el azufre, formando dióxido de azufre (SO_2). Este gas se arroja a la atmósfera por las chimeneas. El SO_2 se oxida lentamente, generando trióxido de azufre (SO_3). De forma rápida, el SO_3 reacciona con el agua de las nubes, formando ácido sulfúrico (H_2SO_4). Este ácido, muy peligroso, queda disuelto en el agua de las nubes.

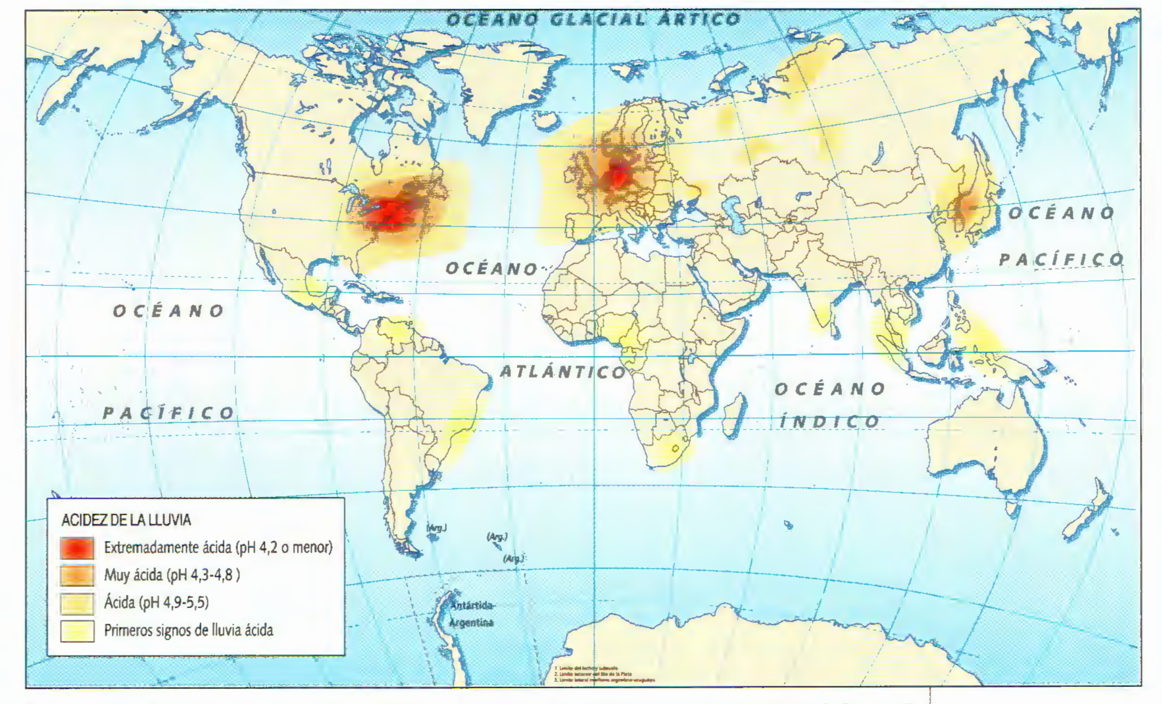
Un proceso similar sucede con los óxidos de nitrógeno, que también producen muchas combustiones industriales. Al final, se transforman en ácido nítrico (HNO_3), que se disuelve en el agua de las nubes.

El agua de estas nubes, con su peligrosa carga de ácidos, termina cayendo sobre la tierra en forma de lluvia, a veces en lugares muy alejados de su origen. Es la «lluvia ácida».

La acidez del agua produce cambios en el suelo y modifica los ecosistemas. Algunos árboles, como los pinos y los abetos, resultan muy afectados. El fenómeno es apreciable en los bosques de Europa central. Muchos peces de ríos y lagos mueren por la excesiva acidez del agua. El suelo se empobrece en nutrientes y muchas de las bacterias que descomponen la materia orgánica desaparecen.



Restauración de la catedral de Berna (Suiza). La lluvia ácida también deteriora los edificios, cuyas fachadas hay que limpiar periódicamente.

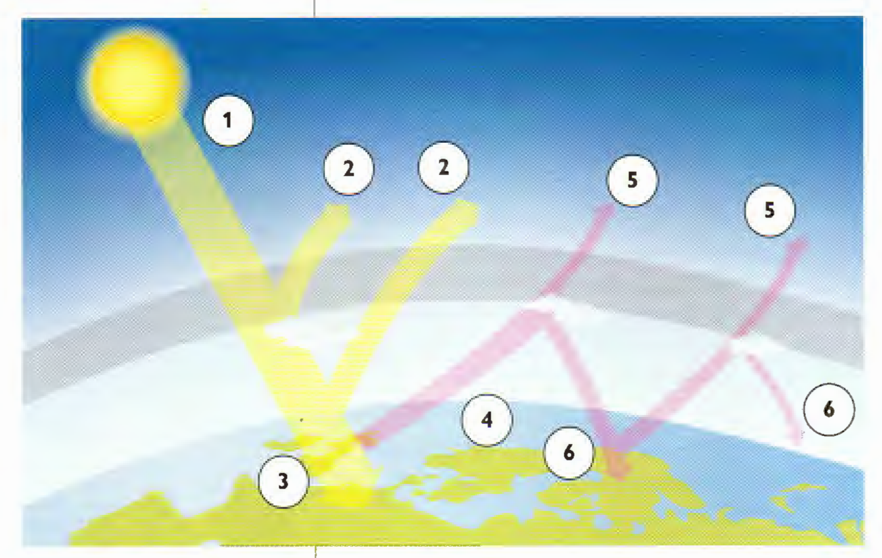


Impacto de la lluvia ácida en el mundo. ¿Dónde es más perjudicial el fenómeno de la lluvia ácida? ¿Por qué?

El incremento del efecto invernadero

El esquema siguiente representa la distribución de la radiación solar (energía solar) que llega a nuestro planeta. De toda la energía (1), solo las fracciones 3 y 6 calientan el suelo. El resto, 2 y 5, se devuelve al espacio.

Cuando esto ocurre, todo marcha bien en nuestro planeta y gozamos de una temperatura media adecuada, a la que todos los seres vivos estamos acostumbrados. Es un delicado equilibrio benefactor.



Efecto invernadero en la Tierra

1. Radiación solar total.
2. Radiación reflejada en la atmósfera que se devuelve al espacio.
3. Radiación que calienta la atmósfera y el suelo.
4. Radiación reflejada en el suelo que se devuelve a la atmósfera.
5. Radiación que se devuelve al espacio.
6. Radiación que regresa a la Tierra y calienta la atmósfera y el suelo.

Ahora bien, ¿qué sucedería si por alguna razón disminuyera la intensidad de la radiación que se devuelve al espacio (5) y, consecuentemente, aumentara la intensidad de la radiación que calienta la Tierra (6)? Es fácil de comprender: la atmósfera y el suelo se calentarían un poco más, como sucede en los invernaderos. Se produce entonces un incremento del efecto invernadero.

Las actividades industriales lanzan a diario cantidades enormes de dióxido de carbono (CO_2) a la atmósfera. Aunque la proporción de este gas en la atmósfera es pequeña (no llega al 1 %), se está apreciando un incremento sensible como consecuencia del desarrollo industrial de nuestra época.

Pues bien, el CO_2 es un gas que produce un incremento del «efecto invernadero»; es decir, retiene la radiación reflejada en el suelo que se devuelve a la atmósfera, y contribuye, por tanto, al calentamiento progresivo de la Tierra.

De seguir así, los científicos temen que en unas décadas la temperatura media de nuestro planeta pueda ascender unos pocos grados centígrados. Las consecuencias serían desastrosas:

- Una buena parte de los hielos se fundirían y las aguas de los mares subirían, anegando muchas zonas costeras.
- Numerosos ecosistemas se verían afectados con transformaciones profundas.
- Cambios climáticos generalizados, importantes e imprevisibles.

Ante la magnitud del problema, casi todos los países desarrollados parecen decididos a atajar la emisión de CO_2 a la atmósfera y a ello se han comprometido en diversas «cumbres» internacionales.



La radiación solar no puede salir a través de las cubiertas del invernadero. En el interior aumenta la temperatura.

La destrucción de la capa de ozono

El ozono es un gas cuyas moléculas están formadas por la unión de tres átomos de oxígeno (O_3). Se utiliza para potabilizar el agua y para desodorizar el aire. Se encuentra en la estratosfera formando una pequeña capa, que recibe el nombre de ozonosfera, a unos 30 km de altura promedio.

La importancia de la ozonosfera es fundamental para la vida en nuestro planeta, porque el ozono detiene algunos de los peligrosos rayos ultravioleta que vienen del Sol. Estos rayos pueden producir cáncer de piel, mutaciones genéticas y otros perjuicios a los seres vivos si llegan en abundancia a la superficie terrestre.

En 1986, mientras se realizaban unas investigaciones en la Antártida, se descubrió que el grosor de la capa de ozono había disminuido sensiblemente, sobre todo encima de las regiones polares. Hoy día se sabe que sobre la Antártida ha disminuido hasta un 40 % («agujero» de la capa de ozono).

Las causas son diversas, pero tienen que ver con las actividades humanas. Los óxidos de nitrógeno procedentes de la combustión de los aviones y la emisión de compuestos clorofluorocarbonados (CFC) que se utilizan como propulsores de los aerosoles parecen ser los principales responsables de este problema ecológico. La comunidad internacional está tomando medidas para resolverlo, pero probablemente se tardará más de un siglo en volver a los niveles de ozono que había en 1986.

Las reacciones químicas que describen la destrucción del ozono son:

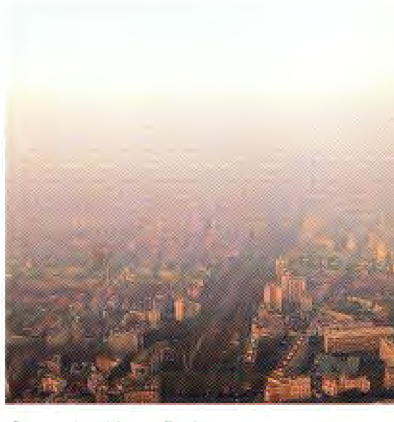
$$Cl + O_3 \Rightarrow ClO + O_2$$

$$O_3 \overset{luz}{\Rightarrow} O + O_2$$

$$ClO + O \Rightarrow Cl + O_2$$

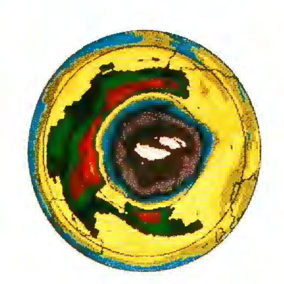
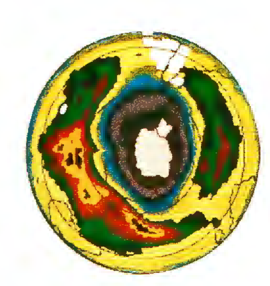
Una sola molécula de cloro es capaz de destruir miles de moléculas de ozono.

Las imágenes tomadas por los satélites artificiales permiten controlar la evolución del «agujero de la capa de ozono» (ver la secuencia inferior de fotos), con el fin de comprobar si las medidas que se han tomado a nivel mundial (como, por ejemplo, la de prohibir ciertos productos en los *sprays*) tienen algún resultado positivo.



Contaminación en París.



Evolución del agujero de la capa de ozono entre los años 1988-1991.



CÓMO HACER

El cloro tiene un importante papel en la destrucción de la capa de ozono estratosférico, según las reacciones:

a) $Cl + O_3 \Rightarrow ClO + O_2$

b) $ClO + O \Rightarrow Cl + O_2$

Se ha calculado que un solo átomo de cloro es capaz de destruir 100.000 moléculas de ozono.

¿Cómo explicamos esto a partir de las reacciones anteriores?

Un solo átomo de cloro puede destruir muchas moléculas de ozono porque, en el proceso, se vuelve a obtener cloro, que queda libre y dispuesto para reaccionar con otra molécula de ozono. Es decir, el cloro no se destruye en el proceso.

CÓMO HACER

El tráfico es una de las principales causas de contaminación ambiental en las ciudades. La combustión de la nafta produce CO_2, responsable del incremento del efecto invernadero. Considerando una ciudad en la que circulen diariamente unos 100.000 coches y cada uno consuma 2 l de nafta, calcular la cantidad de CO_2 emitida a la atmósfera. Suponer que la nafta está formada únicamente por octano (C_8H_{18}), cuya densidad es 700 kg/m³.

La combustión de la nafta (octano) se produce mediante la siguiente reacción:

$$C_8H_{18} + \frac{25}{2} O_2 \Rightarrow 8\ CO_2 + 9\ H_2O$$

Según la cual 1 mol de C_8H_{18} reacciona con $\frac{25}{2}$ mol de O_2 para producir 8 mol de CO_2 y 9 mol de H_2O.

La cantidad de nafta consumida en un día es, por tanto:

$$V = 2\ dm^3 \cdot \frac{1\ m^3}{10^3\ dm^3} = 2 \cdot 10^{-3}\ m^3/coche \rightarrow$$

$$\rightarrow V_T = 2 \cdot 10^{-3}\ m^3/coche \cdot 100.000\ coches/día =$$
$$= 200\ m^3/día \rightarrow m = 200\ m^3/día \cdot 700\ kg/m^3 \rightarrow$$
$$\rightarrow m = 1{,}4 \cdot 10^5\ kg/día$$

Tenemos, por tanto:

- $M_{octano} = 12 \cdot 8 + 1 \cdot 18 = 114$ g/mol
- $m = 1{,}4 \cdot 10^5\ kg \cdot 10^3\ g/1\ kg = 1{,}4 \cdot 10^8\ g$

Y calculando la cantidad de sustancia:

$$n = \frac{m}{M} = \frac{1{,}4 \cdot 10^8\ g}{114\ g/mol} \cong 10^6\ mol$$

Aplicando a la ecuación química la proporción correspondiente calculamos la cantidad de CO_2 en mol que se produce:

$$\frac{1\ mol\ octano}{8\ mol\ CO_2} = \frac{10^6\ mol\ octano}{x} \rightarrow x = 8 \cdot 10^6\ mol\ CO_2$$

Que expresados en gramos son:

$$M_{CO_2} = 12 + 16 \cdot 2 = 44\ g/mol \rightarrow m = n \cdot M =$$
$$= 8 \cdot 10^6\ mol \cdot 44\ g/mol = 3{,}52 \cdot 10^8\ g = 3{,}52 \cdot 10^5\ kg$$


Contaminación del agua.


El agua de los mares también se contamina debido a los vertidos de los ríos, a los trabajos en los barcos y a los accidentes de los grandes petroleros.

La contaminación del agua

Las actividades industriales, agrícolas o urbanas generan residuos numerosos y muy variados, muchos de los cuales van a parar a los ríos. La contaminación del agua se produce por agentes físicos, químicos y biológicos.

Contaminantes del agua	
Agentes físicos	• Sedimentos o restos sólidos de procedencia diversa. • Partículas en suspensión. • Aumento de la temperatura por vertido de agua caliente en las fábricas o centrales energéticas.
Agentes químicos	• Residuos domésticos: detergentes y otros productos de limpieza. • Residuos agrícolas: fertilizantes, plaguicidas y pesticidas. • Residuos industriales: ácidos y álcalis, petróleo y derivados y sales de metales pesados.
Agentes biológicos	• Desechos de seres vivos. • Pequeños seres vivos: gusanos, larvas, etc. • Microorganismos patógenos: bacterias.



El naufragio del petrolero Jessica provocó una grave situación en las islas Galápagos.

La contaminación del suelo

El suelo que pisamos también sufre los efectos de la contaminación producida por la actividad química industrial. Sobre él se vierten productos extraños e indeseados, que modifican sus características naturales y terminan afectando a su composición química y a la vida que sustenta.

La contaminación de los suelos está causada por los siguientes agentes:

- **Los residuos sólidos.** La civilización ha traído consigo un espectacular aumento en la cantidad de residuos generados. Estos residuos se vierten a veces de manera incontrolada, alternando de esta manera el suelo.
- **Los vertidos industriales.** Los vertidos incontrolados de aceites, productos químicos, etcétera, pueden contaminar de tal manera el suelo que este quede completamente inútil para actividades agrícolas.
- **Los productos agrícolas.** Las sustancias empleadas, por ejemplo, para fumigar los cultivos también afectan al suelo, que de esta manera puede variar su composición o contribuir a la contaminación del agua.

El problema de la contaminación del suelo está asociado en muchas ocasiones a la contaminación del agua, pues las corrientes de agua arrastran y disuelven a lo largo de su recorrido algunos de los componentes químicos que se encuentran presentes en el suelo.



Las actividades agrícolas vierten sobre los suelos grandes cantidades de fertilizantes (abonos) y pesticidas (combaten las plagas del campo). Toda la vida natural se ve afectada por esos vertidos.



Los residuos de las actividades industriales y urbanas van a parar con frecuencia a vertederos incontrolados. Desde allí se extienden por la acción del viento o las lluvias y contaminan los terrenos circundantes.

¿Qué hacer con las botellas usadas?

Si echamos un vistazo a nuestro alrededor, es fácil encontrar multitud de plásticos o polímeros que nos han hecho la vida más fácil. Si nos fijamos en una botella familiar de una bebida gaseosa, observaremos que está fabricada con un plástico (en concreto de PET). Este polímero, llamado PET (significa polietilentereftalato) ha sustituido al cristal en la industria de las bebidas refrescantes con gas. Ofrece diversas ventajas: pesa menos, es más fácil manejarlo, más barato transportarlo y más seguro almacenarlo y usarlo. El PET ofrece una elevada resistencia a la entrada de oxígeno en la botella, por lo que se utiliza también en recipientes de alimentos, como salsas, aceites, miel, frutos secos, mermeladas y vinos.

Ahora bien, un inconveniente que presentan estas botellas es que muchas veces las encontramos afeando y contaminando el paisaje. ¿Existe alguna solución a esto? Sí, es posible reciclar las botellas de PET. Mediante un proceso químico se puede «deshacer» la reacción química que tuvo lugar para su formación, y obtener otra vez materias primas que, convenientemente purificadas, servirán para fabricar nuevo PET. En algunas partes del mundo, el PET reciclado se utiliza para hacer alfombras, edredones, cascos de embarcaciones, velas de embarcaciones...

FÍSICA Y QUÍMICA

Bloque 04. Estudio de los movimientos

Sistemas
de referencia

¿Dónde empieza un movimiento?
¿Por qué lugares pasa? ¿En qué punto se detiene?
Para estudiar el movimiento de un cuerpo necesitamos utilizar un sistema de referencia.



Sistema de Posicionamiento Global-GPS. Un GPS (*Global Positioning System*) es un sistema de posicionamiento global, basado en un sistema de operaciones que está formado por satélites de navegación y satélites de control de órbita. El receptor GPS convierte la señal codificada que envía el satélite en valores de velocidad, posición y tiempo.

Los sistemas de referencia

Los sistemas de referencia se emplean para describir la posición y el movimiento de los cuerpos. Un sistema de referencia está formado por:

- Un punto tomado como **origen de referencia de coordenadas**.
- Unos **ejes de coordenadas**. Los ejes se cortan en el origen de referencia y son perpendiculares (aunque existen otras posibilidades).

Eje *y*
Distancia al eje *y*
1 Posición inicial
2
Posición final
Distancia al eje *x*
Origen de referencia
Eje *x*

Sistema de referencia. Se utilizan un origen y unos ejes que permiten describir la posición del móvil en cada instante.

Para señalar la posición de un cuerpo indicamos la distancia hasta cada eje y le asignamos un signo, según de qué lado del origen se encuentre.
Y para definir su movimiento señalamos cómo cambia esta distancia con el tiempo.

Un sistema de referencia espacial indica, de manera precisa, dónde se encuentra el cuerpo en un instante determinado.

Un sistema de referencia temporal indica, de manera precisa, en qué momento está el cuerpo en una posición concreta.

El uso de la coordenada temporal tiene una ventaja adicional: a veces podemos elegir la marca cero, $t = 0$, cuando más nos convenga. La elección más conveniente es hacer coincidir el instante $t = 0$ con el momento en el que empezamos a estudiar un movimiento.

Los dos sistemas de referencia espacial y temporal constituyen lo que se entiende por un **sistema de referencia espacio-temporal**, o simplemente, un **sistema de referencia**.

En este contexto, la descripción del movimiento de un cuerpo consiste en un conjunto de pares de datos que nos dicen en qué instante de tiempo se encuentra el cuerpo en un punto del espacio.

? SABÍAS QUE...

Descartes y las coordenadas cartesianas

Sucedió el 10 de noviembre de 1619, se encontraba descansando en un cuartel militar a orillas del Danubio. Pasó el día en la cama realizando una de sus actividades favoritas: pensar sobre la naturaleza del mundo que le rodeaba. Mientras observaba distraídamente el vuelo de una mosca por la habitación, se dio cuenta de que la posición de la mosca en cualquier momento se podía representar con tres números, que indicarían las distancias a cada una de las paredes y al suelo de la habitación.
Resulta curioso pensar que así fue como comenzó lo que llegó a ser una de las grandes ideas matemáticas de todos los tiempos.

Movimientos absolutos y relativos

Muchas veces no es fácil encontrar buenos puntos de referencia.

Imagina que caminas hacia delante por el pasillo del autobús en marcha. ¿Cuál sería el punto de referencia adecuado para calcular tu posición o la velocidad a la que te mueves? ¿Un punto de dentro del autobús o un punto sobre la acera? ¿Y si caminaras en sentido contrario a la marcha, al subir al autobús?

Vamos a considerar dos casos:

- Si el punto de referencia está **en reposo**, el movimiento respecto a él se llama **absoluto**. Es el caso de una persona caminando por la acera que se aleja de la parada del autobús.
- Si el punto de referencia está también **en movimiento**, el movimiento respecto a él se llama **relativo**. Corresponde al caso de un pasajero que camina dentro de un autobús en movimiento.

Pero, ¿qué punto de referencia fijo elegimos para definir los movimientos absolutos? Realmente no hay ninguno: la Tierra se mueve alrededor del Sol, y este gira alrededor del centro de nuestra galaxia... Ni un solo punto del Universo está en reposo: todos los movimientos son relativos.

Sin embargo, la física considera que, para facilitar el estudio de los movimientos, y mientras no se diga lo contrario, **la Tierra constituye nuestro sistema de referencia en reposo para definir los movimientos absolutos.**



CÓMO HACER

- **¿Qué tipo de movimiento es el correspondiente a una persona que se mueve dentro de un vagón?**

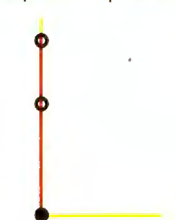
  Para una persona que viaja dentro del tren, su asiento permanece en reposo.
  Para un observador situado en la calle, fuera del tren, el asiento se mueve a la misma velocidad que el tren. Entonces, ¿se mueve o no se mueve el asiento?

- **Desde lo alto del mástil de un barco que navega se deja caer una piedra. ¿Cómo será el movimiento de la piedra según un observador situado en un punto de la cubierta del barco y según otro observador que se encuentra en un punto de la playa?**

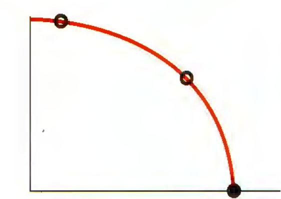
  Un observador situado en el propio barco (sistema de referencia) verá que la piedra cae verticalmente hasta llegar a la base del mástil.

Sin embargo, si cambiamos de sistema de referencia y nos situamos en la playa, hemos de tener en cuenta que la piedra, respecto a ese nuevo sistema de referencia, se mueve solidariamente con el barco, es decir, ambos tienen el mismo componente horizontal de la velocidad.

Por tanto, la piedra, a la vez que cae, se traslada respecto a la persona que la observa desde la playa.



Movimiento de la piedra según el sistema de referencia situado en el barco.



Movimiento de la piedra según el sistema de referencia situado en la playa.



LECTURA



Galileo Galilei (1564-1642).

El propio Galileo, hace ya más de 300 años, se ocupó del movimiento de la piedra y el barco. Vale la pena una lectura atenta del texto siguiente en el que se reproducen algunas de sus reflexiones:

«Si es cierto que el ímpetu (velocidad) con que se mueve la embarcación queda indeleblemente impreso en la piedra cuando comienza a caer desde el mástil y si además este movimiento no afecta al movimiento natural de la piedra hacia abajo, debería de producirse un efecto realmente asombroso. Supongamos que la embarcación se encuentra en reposo (respecto de la playa) y dejamos caer la piedra desde lo alto del mástil hasta la cubierta, comprobando que tarda dos pulsaciones. Si ahora la embarcación comienza a navegar y dejamos caer la piedra desde el mismo lugar, esta invertirá el mismo tiempo, pero en ese tiempo la embarcación habrá podido avanzar digamos veinte yardas. Así pues, el movimiento de la piedra (respecto de la playa) será según una línea transversal, esto es, una línea curva en un plano vertical, considerablemente más larga que la primera, que era según la vertical desde lo alto del mástil a la cubierta».

Descripción del movimiento

Para describir cualquier movimiento necesitamos conocer la posición inicial del móvil, la trayectoria que describe, y expresar la relación entre instante y posición.

Algunas medidas de interés	
Tierra-Sol	$150 \cdot 10^6$ km
Tierra-Luna	384.000 km
Radio de la Tierra	6.370 km
Longitud de un campo de fútbol	100 m
Anchura media de una mano	10 cm
Diámetro medio de una célula	10^{-2} mm

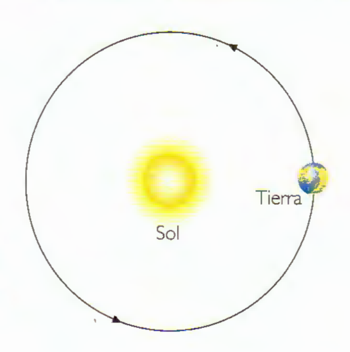
La distancia y su medida

La distancia entre dos puntos se mide en unidades de longitud.
La unidad de longitud en el Sistema Internacional es el **metro (m)**, que tiene múltiplos y submúltiplos.

Múltiplos	Submúltiplos
Decámetro 1 dam = 10 m	Decímetro 1 dm = 0,1 m = $= 10^{-1}$ m
Hectómetro 1 hm = 100 m = $= 10^2$ m	Centímetro 1 cm = 0,01 m = $= 10^{-2}$ m
Kilómetro 1 km = 1.000 m = $= 10^3$ m	Milímetro 1 mm = 0,001 m = $= 10^{-3}$ m

El tiempo y su medida

En el Sistema Internacional (SI), el tiempo se mide en **segundos (s)**.



El tiempo que tarda la Tierra en dar una vuelta completa alrededor del Sol, promediado para muchas vueltas, se llama año solar medio.

El año solar medio tiene 365 días y fracción, cada día se divide en 24 horas, cada hora en 60 minutos y cada minuto en 60 segundos. Observa:

$$1 \text{ día} \cdot \frac{24 \text{ h}}{1 \text{ día}} \cdot \frac{3.600 \text{ s}}{1 \text{ h}} = 86.400 \text{ s}$$

Un segundo corresponde aproximadamente a la 86.400-ava parte del día solar medio.

Algunos tiempos aproximados	
Batir de alas de una mosca	10^{-3} s
Vuelta de las aspas de un ventilador	10^{-2} s
Abrir y cerrar los ojos	0,4 s
Tiempo entre dos latidos del corazón	1 s
Caída de una piedra desde un décimo piso	2,5 s
Llegada de la luz desde el Sol hasta la Tierra	500 s
Tiempo transcurrido desde la época en que vivieron los dinosaurios	10^{15} s
Vida del Sol como estrella	10^{18} s

El movimiento, el espacio y el tiempo

El movimiento es esencialmente **un cambio gradual**. Un cuerpo macroscópico pasa de estar en un lugar, en un instante determinado, a estar en otro lugar, en un instante de tiempo posterior, pasando por toda una serie continua de posiciones intermedias.

Decimos entonces que un objeto se mueve respecto de un sistema de referencia cuando **su posición** a ese origen de referencia **varía al transcurrir el tiempo**.

La curva que recorre un objeto en movimiento se llama **trayectoria**. Es el camino que recorre el móvil.

El **desplazamiento** es el vector que va del punto inicial al final de un movimiento. Entre dos posiciones dadas solo puede haber un desplazamiento, aunque las trayectorias pueden ser infinitas.

- En el caso de que la trayectoria sea una recta, el módulo del desplazamiento coincide con el espacio recorrido.

- Si la trayectoria no es una recta, el módulo del desplazamiento no tiene por qué coincidir con el espacio recorrido. De hecho, para el caso de un móvil que gira alrededor del centro de una circunferencia de 10 m de radio y da una vuelta completa, el desplazamiento es nulo; y el espacio recorrido es:

$$\text{Espacio} = 2\pi R$$

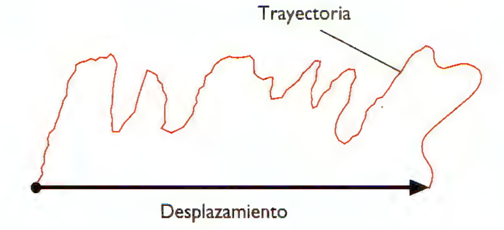


El desplazamiento entre dos puntos de la montaña rusa no tiene por qué coincidir con el espacio recorrido.

Tipos de movimiento

La primera clasificación de los movimientos se puede realizar atendiendo al tipo de trayectoria que describen. Esta puede ser recta (rectilínea) o curva (curvilínea). Dentro de las trayectorias curvilíneas podemos encontrar casos muy conocidos, como los movimientos elípticos, circulares y parabólicos.

Al estudiar el movimiento de cualquier objeto, es preciso indicar respecto de qué sistema de referencia estamos estudiando ese movimiento, ya que los valores de magnitudes como la posición del objeto o la velocidad y también la forma de la trayectoria descrita van a depender del sistema de referencia que se escoja.



La ley de movimiento

A la relación entre el instante considerado y la posición del móvil la llamamos **ley de movimiento**. En dicha ley se relaciona la posición de un móvil (representada por la letra s o x habitualmente) con el instante en que ocupa esa posición (representado con la letra t). O sea, la posición es una función del tiempo:

$$x = x(t)$$

En el Sistema Internacional (SI), la posición se expresa en metros (m), y el tiempo, en segundos (s).



CÓMO HACER

- En la ley de movimiento: $x = 5$, la posición del móvil no depende del tiempo. Esto quiere decir que se encuentra en reposo.

- Para la ley de movimiento $x = 2 \cdot t$, la posición del móvil sí depende del tiempo. En el instante inicial ($t = 0$), $x = 2 \cdot 0 = 0$. Esto quiere decir que el móvil se encuentra en el origen de referencia. En otro instante, la posición es diferente. Para $t = 10$:

$$x = 2 \cdot t = 2 \cdot 10 = 20$$

Es decir, existen 20 unidades de distancia entre la posición actual del móvil y la que tenía cuando pusimos en marcha el cronómetro.

- Si la posición de un móvil en los instantes $t = 0$, $t = 4$ s y $t = 12$ s, obedece a la ley de movimiento:

$$x(t) = 10 + 20 \cdot t$$

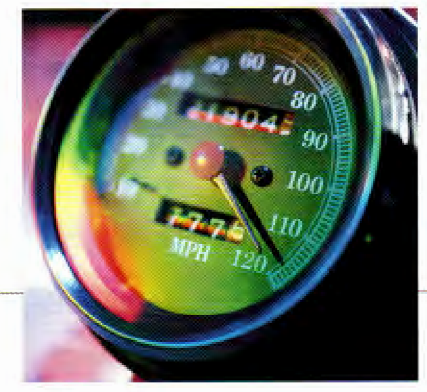
Calcular la posición en cada instante.

Si se sustituye el tiempo en la ley de movimiento:

- Para $t = 0$ s $\rightarrow x(0) = 10 + 20 \cdot 0 = 10$ m
- Para $t = 4$ s $\rightarrow x(4) = 10 + 20 \cdot 4 = 90$ m
- Para $t = 12$ s $\rightarrow x(12) = 10 + 20 \cdot 12 = 250$ m

La velocidad

Relacionamos el espacio que recorre un cuerpo u objeto en movimiento con el tiempo que tarda en recorrerlo mediante una magnitud física a la que llamamos velocidad.



El **velocímetro** es un instrumento que indica la rapidez instantánea de un vehículo expresada en kilómetros, excepto en algunos países (como Estados Unidos, o el Reino Unido), que se registra en millas por hora.

Algunas velocidades aproximadas en m/s y en km/h		
	v (m/s)	v (km/h)
Tortuga	0,02	0,072
Persona andando	1,4	5
Caballo a la carrera	8,5	30
Automóvil en autopista	33	120
Avión	250	900
Sonido	340	1.200
Tierra en su órbita	$3 \cdot 10^4$	$1,08 \cdot 10^5$
Luz	$3 \cdot 10^8$	$1,08 \cdot 10^9$

Magnitudes escalares

«Hace una temperatura de 20 °C. ¿Hacia dónde?». La pregunta no tiene sentido: son 20 °C y ya está. La temperatura es una magnitud **escalar**. Las magnitudes escalares se definen completamente con un solo número que expresa su valor o medida.

Otras magnitudes escalares son el tiempo, la masa, la densidad, etc.

Magnitudes vectoriales

«Me muevo con una velocidad de 5 km/h ¿Hacia dónde?». Ahora la pregunta sí tiene sentido. La dirección del movimiento determina dónde se encontrará un móvil en un instante posterior. La velocidad es una magnitud **vectorial**.

Son magnitudes vectoriales la velocidad, la aceleración o la fuerza.

¿Qué es la velocidad?

Imaginemos un móvil que, desplazándose siempre en el mismo sentido en una trayectoria recta, en el instante t_1 se encuentra en el punto A, cuya posición designaremos por su coordenada x_1. En otro instante posterior, t_2, se encuentra en B, que designaremos por x_2.

Para ir de A a B el móvil ha rha variado su posición en Δx , s, y ha invertido un tiempo, Δt:

$$\Delta x = x_2 - x_1 \quad ; \quad \Delta t = t_2 - t_1$$

x_1 A t_1 — x_2 B t_2

Si se desplazó siempre al mismo ritmo, se llama **velocidad (*v*)** al desplazamiento del móvil en cada unidad de tiempo. Traducido a expresión matemática:

$$v = \frac{x_2 - x_1}{t_2 - t_1} \quad ; \quad v = \frac{\Delta x}{\Delta t}$$

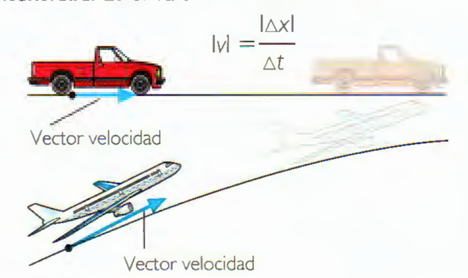
La unidad de velocidad en el Sistema Internacional es el m/s ($m \cdot s^{-1}$). Es la velocidad de un móvil que recorre un metro en cada segundo. Otra unidad práctica es el km/h ($km \cdot h^{-1}$).

La velocidad es una magnitud vectorial

La velocidad es una magnitud vectorial y, por tanto, se representa mediante un vector ($\vec{v}$). Observa a continuación los cuatro elementos de este vector.

- **Punto de aplicación.** La posición del punto móvil.
- **Dirección.** Recta tangente a la trayectoria.
- **Sentido.** El del movimiento.
- **Módulo o intensidad.** Es el valor numérico:

$$|v| = \frac{|\Delta x|}{\Delta t}$$



Velocidad media y velocidad instantánea

Un coche realiza el recorrido entre dos ciudades. La distancia que las separa es de 100 km y en el trayecto se invierte 1 h.

La **velocidad media** del coche será el desplazamiento total recorrido dividido por el tiempo que tarda en recorrerlo, es decir:

$$\frac{100 \text{ km}}{1 \text{ h}} = 100 \text{ km/h}$$

Decimos velocidad media porque el coche no ha ido siempre a esa velocidad, quizá lo haya hecho en muy pocas ocasiones. Unas veces ha ido más deprisa, y otras, más despacio.

En un punto concreto de la carretera el coche habrá circulado a una determinada velocidad, que ha podido ser superior, igual o inferior a la media: era su **velocidad instantánea**.

Velocidad y rapidez

Es frecuente confundir ambos términos: la velocidad es un vector, mientras que la rapidez es su módulo. Es decir, lo que mide un velocímetro, y que entendemos por "espacio sobre tiempo", es la rapidez.

CÓMO HACER

- **Cambiar de unidades:**

a) 90 km/h → m/s **b) 35 m/s → km/h**

a) De km/h a m/s:

$$90 \frac{\text{km}}{\text{h}} = 90 \frac{\cancel{\text{km}}}{\cancel{\text{h}}} \cdot \frac{1.000 \text{ m}}{1 \cancel{\text{km}}} \cdot \frac{1 \cancel{\text{h}}}{3.600 \text{ s}} =$$

$$= \frac{90.000}{3.600} \frac{\text{m}}{\text{s}} = 25 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

b) De m/s a km/h:

$$35 \frac{\text{m}}{\text{s}} = 35 \frac{\cancel{\text{m}}}{\cancel{\text{s}}} \cdot \frac{1 \text{ km}}{1.000 \cancel{\text{m}}} \cdot \frac{3.600 \cancel{\text{s}}}{1 \text{ h}} =$$

$$= \frac{35 \cdot 3.600}{1.000} \frac{\text{km}}{\text{h}} = 126 \frac{\text{km}}{\text{h}}$$

- **Un coche circula en un sentido por una carretera recta y horizontal. En un momento determinado, un pasajero toma nota acerca de la posición del vehículo, completando este cuadro.**

Hora	12 h	12 h 2 min	12 h 4 min	12 h 6 min	12 h 8 min	12 h 10 min
Kilómetro	100	104	108	112	116	120

Con los datos anteriores, el pasajero dibujó las gráficas de la derecha. Estudiemos ambas informaciones con detalle.

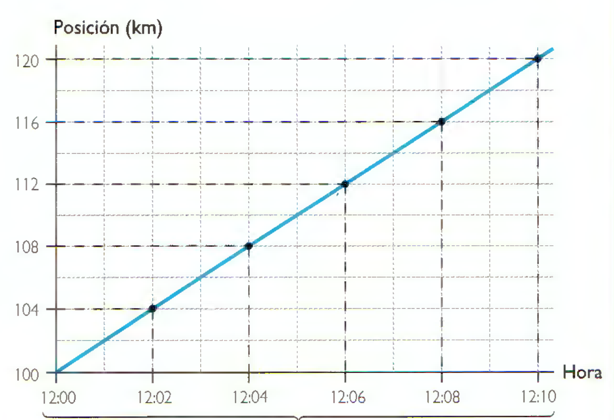
t transcurrido (min)	0	2	4	6	8
Espacio recorrido (km)	0	4	8	12	16

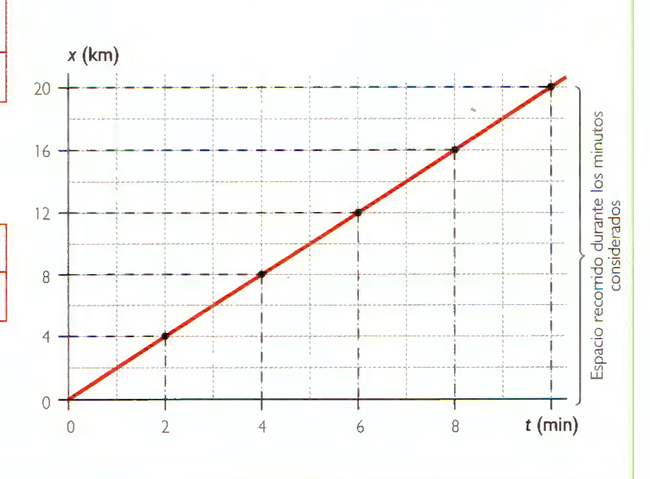
Observamos que:

- La velocidad media del coche es:

$$v = \frac{16 \text{ km}}{8 \text{ min}} = 2 \frac{\text{km}}{\text{min}}$$

- El coche recorre espacios iguales (4 km) en tiempos iguales (2 min).
- La velocidad del coche es la misma $\left(2 \frac{\text{km}}{\text{min}}\right)$ en todo su recorrido.
- La gráfica espacio-tiempo es una recta.





Movimiento **rectilíneo uniforme (MRU)**

Los movimientos más simples de estudiar son aquellos en los que un cuerpo se mueve siguiendo una línea recta y manteniendo constante la velocidad con que se desplaza.


En sus tramos rectos y a velocidad crucero, el tren bala es un ejemplo de MRU.

Un movimiento rectilíneo uniforme es aquel en el que la trayectoria es una **línea recta** y su **velocidad es constante**.

El movimiento del coche por la carretera que estudiamos en el ejemplo de la página anterior es un caso claro de movimiento rectilíneo uniforme.

Para conocer el **desplazamiento** en un MRU basta con despejar Δx de la expresión de la velocidad:

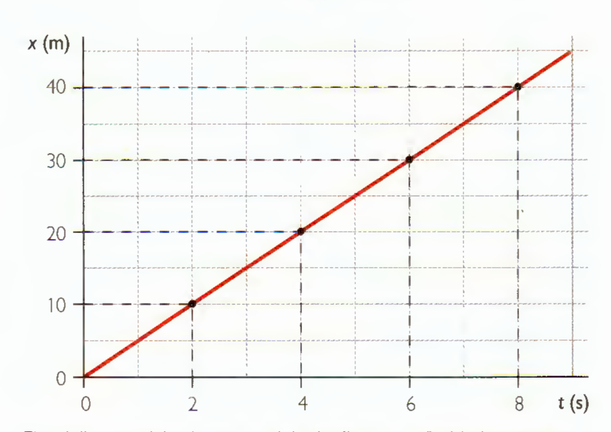
$$v = \frac{\Delta x}{\Delta t} \rightarrow \Delta x = v \cdot \Delta t$$

En un MRU el desplazamiento, s, es igual a la posición final, x, menos la posición inicial, x_0:

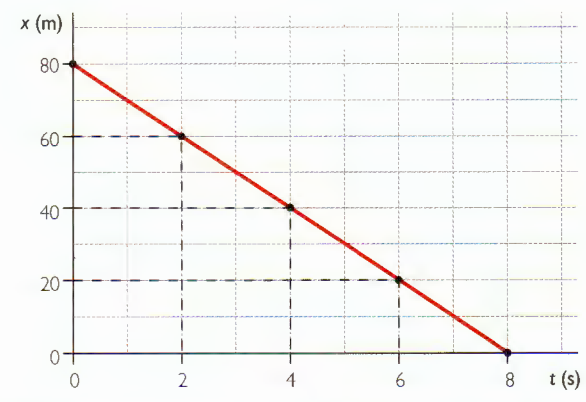
$$x - x_0 = v \cdot (t - t_0) \rightarrow x = x_0 + v \cdot (t - t_0)$$

Las gráficas en el MRU

Las siguientes gráficas posición-tiempo representan dos casos de movimientos rectilíneos uniformes.



El móvil parte del origen y se aleja de él a una velocidad constante de 5 m/s. La gráfica es una recta ascendente. Como $x_0 = 0$, la posición del móvil, en cada instante, será: $x = 5 \cdot t$.



El móvil parte de un punto situado a 80 m del origen y se aproxima a él a 10 m/s. La gráfica es una recta descendente. Como $x_0 = 80$ m, la posición, en cada instante, será: $x = 80 - 10\,t$.

NORMAS DE SEGURIDAD

El exceso de velocidad es una de las causas más importantes de mortalidad en los accidentes de tráfico. Respetar los límites de velocidad marcados y las distancias de seguridad entre vehículos, en ocasiones permite evitar el accidente.

Se estima que una velocidad de 110 km/h supone una distancia de parada de 96 m, si el coche y la carretera se encuentran en buenas condiciones y el conductor está alerta.



CÓMO HACER

- **¿Cuánto tiempo tardará un móvil que lleva una velocidad de 120 km/h en recorrer 500 km?**

Datos:

$$v = 120 \text{ km/h} \ ; \ \Delta x = 500 \text{ km}$$

Al tratarse de un movimiento en el que se considera la velocidad fija, utilizamos la expresión matemática de la definición de velocidad media y despejamos el tiempo:

$$v_m = \frac{x - x_0}{t - t_0} \rightarrow \Delta t = \frac{x - x_0}{v_m}$$

Tomamos $x_0 = 0$ y $t_0 = 0$, y la ecuación queda así:

$$t = \frac{x}{v_m}$$

Sustituimos los datos en la ecuación y calculamos:

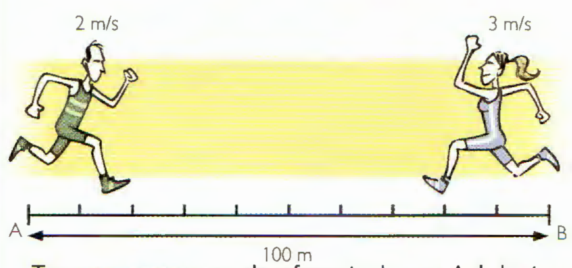
$$t = \frac{x}{v_m} = \frac{500 \text{ km}}{120 \frac{\text{km}}{\text{h}}} = 500 \cancel{\text{km}} \cdot \frac{1}{120} \frac{\text{h}}{\cancel{\text{km}}} = 4{,}1\widehat{6} \text{ h}$$

Para dar el resultado en el Sistema Internacional (SI) pasamos el tiempo a segundos:

$$4{,}1\widehat{6} \cancel{\text{h}} \cdot \frac{3.600 \text{ s}}{1 \cancel{\text{h}}} = 15.000 \text{ s}$$

- **En una pista recta de 100 m de longitud corren dos personas. Una parte de A hacia B a 2 m/s y la otra parte de B hacia A con una velocidad de 3 m/s. Las dos inician el movimiento simultáneamente.**

a) ¿Cuánto tiempo tardarán en encontrarse?
b) ¿En qué punto se encontrarán?



Tomamos como punto de referencia el punto A de la pista; ese será el origen.

Solución numérica:

- El corredor que parte de A.
  Punto de partida: 0.
  Ecuación que describe el movimiento: $x_A = 2t$.
- La corredora que parte de B.
  Punto de partida: a 100 m del origen.
  Ecuación del movimiento: $x_B = 100 - 3t$.
- En el punto de encuentro ambos corredores ocupan la misma posición, $x_A = x_B$. Por tanto:

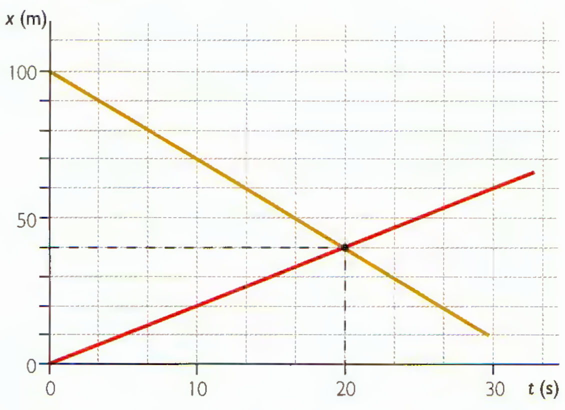
$$\left.\begin{array}{r} x_A = 2t \\ x_B = 100 - 3t \end{array}\right\} 100 - 3t = 2t \rightarrow$$

$$\rightarrow 100 = 5t \rightarrow t = 20 \text{ s}$$

El punto en donde se encuentran será:

$$x_A = 2 \cdot 20 = 40 \text{ m} = x_B$$

Solución gráfica:



El punto de corte de ambas rectas indica el punto de encuentro: $t = 20$ s y $x = 40$ m.

El corredor recorre 40 m, y la corredora:

$$3 \cdot t = 3 \cdot 20 = 60 \text{ m}$$

Se cumple que: 40 m + 60 m = 100 m.

? SABÍAS QUE...

Lenguaje cotidiano *versus* lenguaje científico

Algunos términos que utilizamos habitualmente en nuestro lenguaje pueden suponer una dificultad para asimilar correctamente ciertos conceptos físicos.

Algunos ejemplos:

- Señal de dirección prohibida. Lo que en lenguaje cotidiano llamamos dirección, en lenguaje científico es sentido. Una dirección tiene dos sentidos.
- Instante de tiempo. En lenguaje cotidiano equivale a intervalo de tiempo corto; en el científico, el instante no tiene duración. Es más, la duración es la diferencia entre dos instantes: $\Delta t = t2 - t1$.
- Es frecuente confundir posición, desplazamiento y distancia. El desplazamiento es la diferencia entre dos posiciones: $\Delta x = x2 - x1$. La distancia (recta) es el módulo del desplazamiento: $d = |\Delta x|$.

Gráficas del movimiento rectilíneo uniforme **(MRU)**

Una herramienta muy útil para estudiar el movimiento de los cuerpos es su representación gráfica.

Lo más útil es representar la posición en función del tiempo, así como la velocidad que tiene el móvil en los diferentes momentos en que se desarrolla dicho movimiento.



Los ciclistas de la fotografía llevan una velocidad constante, ¿cómo será la gráfica posición-tiempo de su movimiento?

Gráficas posición-tiempo

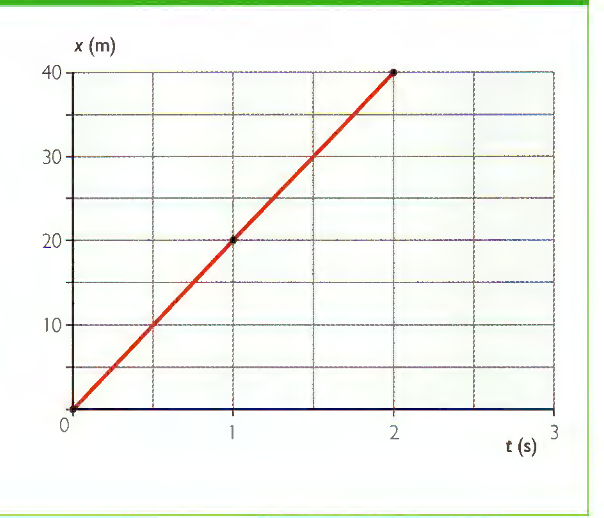
En ellas se representa la posición como una función que depende del tiempo. Para realizarla elegimos la ecuación del movimiento y sustituimos el tiempo por algunos valores escogidos.

CÓMO HACER

Queremos representar el movimiento de un tren con velocidad constante de 20 m/s. Despejando en la ecuación ($x = v \cdot t$) calculamos los valores del espacio para 1 s, 2 s y 3 s. Estos valores los colocamos en una tabla para facilitar su uso.

Una vez hallados varios pares de números, se señalan en un sistema de ejes que tenga el tiempo como abscisa y la posición como ordenada, y se unen mediante una línea.

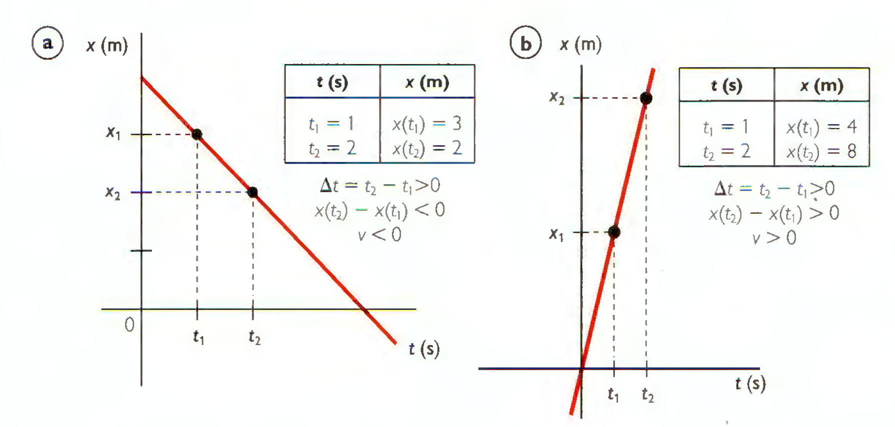
t (s)	*x* (m)	Cálculo
0	0 m	$x = v \cdot t = 20$ m/s $\cdot$ 0 s = 0 m
1	20 m	$x = v \cdot t = 20$ m/s $\cdot$ 1 s = 20 m
2	40 m	$x = v \cdot t = 20$ m/s $\cdot$ 2 s = 40 m

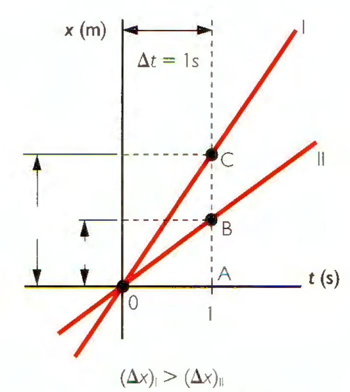


La interpretación gráfica de la velocidad

En la gráfica *x*-*t* la información acerca de la velocidad se refleja, esencialmente, en la desviación de la recta con respecto a la línea horizontal (pendiente de la gráfica). En primer lugar, señalemos que la velocidad *v* no es necesariamente positiva. El signo de *v* depende del signo de la diferencia $x(t_2) - x(t_1)$.

La velocidad es negativa si la recta desciende de izquierda a derecha (a). La velocidad es positiva si la recta asciende de izquierda a derecha (b).





$(\Delta x)_I > (\Delta x)_{II}$

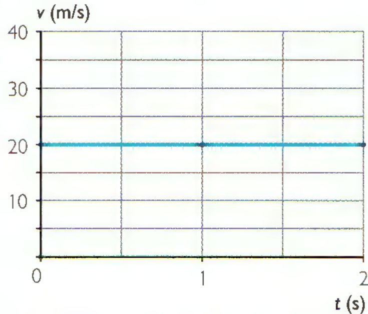
La velocidad del movimiento I es mayor que la del movimiento II.

Si escogemos un valor fijo del intervalo temporal, Δt, y por simplicidad le damos el valor de 1 s, cuanto mayor sea el valor absoluto de la velocidad, mayor será la distancia que el cuerpo recorre en 1 s. Por tanto, aumenta la longitud del tramo vertical $x(t + \Delta t) - x(t)$ y la inclinación de la recta. Resumiendo, la velocidad con la que se mueve un objeto es mayor cuanto más se aparte la recta de la horizontal y se aproxime a la vertical. Una recta horizontal representa un cuerpo en reposo $v = 0$; una recta vertical, un cuerpo que se mueve con velocidad infinita (si esto fuera posible).



Gráficas velocidad-tiempo

Si queremos representar la velocidad frente al tiempo, haremos lo mismo, escogiendo una ecuación matemática que se ajuste al movimiento y despejando la velocidad en función del tiempo. En el caso del movimiento uniforme, la velocidad tendrá un valor fijo, por lo que no es necesario realizar ningún cálculo, ya que la gráfica será una línea paralela al eje de abscisas.



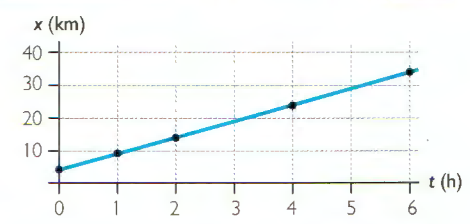
Gráfica *v-t* para un móvil con velocidad constante de 20 m/s.

CÓMO HACER

- **La ecuación del movimiento de una partícula es: $x = 4 + 5 \cdot t$, donde t está expresado en horas, y x, en kilómetros.**

Completamos una tabla *x-t* y hacemos su representación gráfica.

Posición (km)	4	9	14	24	34
Tiempo (h)	0	1	2	4	6

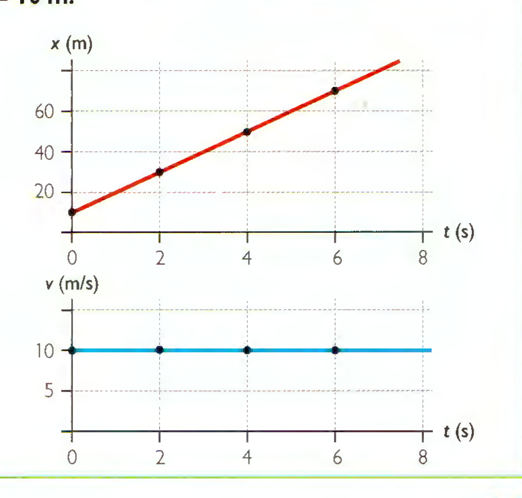


Estudiando la gráfica deducimos que se trata de un movimiento rectilíneo uniforme. Los parámetros de la ecuación son:

$$x_0 = 4 \text{ km} \;;\; v = 5 \text{ km/h}$$

- **Estudiamos el movimiento de una partícula que se desplaza con MRU llevando una velocidad constante de 10 m/s. La posición inicial de la partícula es $x_0 = 10$ m.**

t (s)	0	2	4	6
x (m)	10	30	50	70
v (m/s)	10	10	10	10

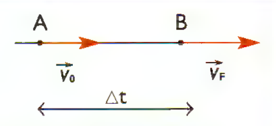


La aceleración

Los cuerpos en movimiento rectilíneo pueden cambiar el valor de la velocidad con que se desplazan, ya sea para aumentarla o para disminuirla, decimos que aceleran.



Los coches de Fórmula 1 alcanzan en algunos tramos del circuito aceleraciones que pueden llegar a valer 4 o 5 veces la aceleración de la gravedad terrestre (9,8 m/s^2).

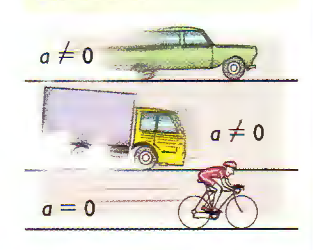


Cuando la velocidad cambia, existe aceleración.



? SABÍAS QUE...

Para que haya aceleración tiene que producirse una variación en la velocidad, como en los dos dibujos primeros.
En el tercer caso no hay aceleración ($a = 0$), pues el ciclista marcha manteniendo constante su velocidad.



¿Qué es la aceleración?

Se llama **aceleración** (a) a la relación entre la variación de la velocidad con respecto al tiempo:

$$a = \frac{v_F - v_0}{t_F - t_0}$$

- v_F: velocidad final después de un recorrido.
- v_0: velocidad inicial al comenzar ese recorrido.
- Δt: tiempo transcurrido.

Observa que la diferencia $v_F - v_0$ también se puede representar como Δv. Se pueden dar tres situaciones.

- Si $v_F > v_0$, la aceleración es positiva.
- Si $v_F < v_0$, la aceleración es negativa.
- Si $v_F = v_0$, la aceleración es nula y, por tanto, la velocidad permanece constante.

La aceleración se mide en $\frac{m/s}{s}$ en el SI, es decir, en unidades de velocidad divididas por unidades de tiempo. Esta unidad, la más importante, se expresa matemáticamente de la siguiente manera:

$$\frac{m/s}{s} = \frac{m}{s^2} = m \cdot s^{-2}$$

El signo de la aceleración

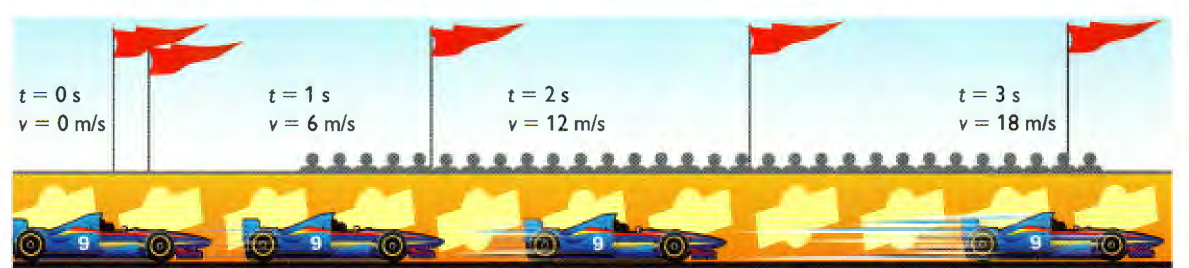
Es frecuente creer que aceleración positiva significa acelerar, y negativa, frenar. Pero no siempre es así, ya que ese signo depende del sistema de referencia elegido.

Lo que sí es cierto es que si los vectores v y a tiene igual signo, el móvil acelera (aunque ambos sean negativos), y si tienen diferente signo, el móvil frena.

CÓMO HACER

Un móvil parte del reposo (v = 0 m/s) y posee una aceleración de 6 m/s^2.
¿Qué velocidad tendrá al cabo de 3 segundos? Resolver mediante cálculo mental.

Si su aceleración es de 6 m/s^2, esto quiere decir que su velocidad aumenta en 6 m/s cada segundo que pasa. Sumando 6 m/s a la velocidad inicial (0 m/s) obtenemos la velocidad transcurrido el primer segundo (6 m/s). Transcurrido otro segundo, será de 12 m/s y, al cabo de tres segundos, la velocidad llegará a 18 m/s.



La aceleración es una magnitud vectorial

Hasta ahora solo hemos considerado el valor (módulo) o intensidad de la aceleración en los movimientos rectilíneos. Pero la aceleración es una magnitud vectorial, al igual que la velocidad.

El siguiente cuadro aclara este concepto para los movimientos rectilíneos.

El módulo de la velocidad aumenta...

$\vec{v}_0$ $\vec{v}_F$
A B
$-\vec{v}_0$ $\vec{v}_F$

El módulo de la velocidad disminuye...

$\vec{v}_0$ $\vec{v}_F$
A B
$-\vec{v}_0$ $\vec{v}_F$

El vector aceleración tiene:

- **Punto de aplicación:** el punto donde se encuentra el móvil.
- **Dirección:** la del movimiento.
- **Sentido:** el mismo que el vector $\Delta\vec{v}$:

$$\Delta\vec{v} = \vec{v}_F - \vec{v}_0$$

- **Módulo o intensidad:**

$$|a| = \frac{|v_F - v_0|}{t_F - t_0}$$

SABÍAS QUE...

Lenguaje cotidiano *versus* lenguaje científico

En lenguaje cotidiano, aceleración equivale a aumento de velocidad; en el científico, aceleración equivale a cualquier variación del vector velocidad, sea aumentando o disminuyendo su módulo, sea cambiando de dirección.

CÓMO HACER

- **Un móvil está parado, arranca y a los 4 s tiene una velocidad de 8 m/s. ¿Cuál ha sido su aceleración?**

Sustituyendo: $a = \frac{v - v_0}{t_F - t_0} = \frac{8 - 0}{4 - 0} = 2\ \text{m/s}^2$

- **Un coche se desplaza a 108 km/h. Frena y se detiene en 10 s. ¿Cuál ha sido su aceleración?**

Pasamos la velocidad a m/s:

$$108\ \frac{\text{km}}{\text{h}} \cdot \frac{1.000\ \text{m}}{1\ \text{km}} \cdot \frac{1\ \text{h}}{3.600\ \text{s}} = 30\ \text{m/s}$$

Por tanto: $a = \frac{0 - 30}{10} = -3\ \text{m/s}^2$

- **Calcular el tiempo que tardará una motocicleta en adquirir una velocidad de 90 km/h si empieza parada y posee una aceleración de 5 m/s².**

Se pasan los datos al SI:

$$v_0 = 0\ ;\ v = 90\ \frac{\text{km}}{\text{h}} = 25\ \frac{\text{m}}{\text{s}}\ ;\ a = 5\ \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

Despejamos el tiempo de la definición de aceleración:

$$a = \frac{v - v_0}{t - t_0} \rightarrow \Delta t = \frac{v - v_0}{a}$$

Una vez que tenemos la expresión matemática que necesitamos, sustituimos los datos y operamos:

$$\Delta t = \frac{v - v_0}{a} = \frac{25\ \text{m/s} - 0}{5\ \text{m/s}^2} =$$

$$= \frac{25\ \text{m/s}}{5\ \text{m/s}^2} = 5\ \text{s}$$

La motocicleta tardará 5 s en alcanzar la velocidad de 90 km/h.



Movimiento rectilíneo uniformemente variado (MRUV)

Vamos a estudiar ahora el caso en que la aceleración se mantiene constante y la trayectoria del movimiento es una línea recta.



El despegue de un cohete es un ejemplo de movimiento uniformemente variado.

Cuando la aceleración del móvil es la misma durante todo el movimiento y este se realiza en línea recta, recibe el nombre de **movimiento rectilíneo uniformemente variado** (MRUV).

La ecuación de la velocidad en un MRUV

De la definición de aceleración se puede conocer la ecuación de la velocidad de un móvil que circula con un movimiento uniformemente variado:

$$a = \frac{v_F - v_0}{t_F - t_0} \rightarrow v_F = v_0 + a \cdot (t - t_0)$$

CÓMO HACER

Un motorista, cumpliendo las normas de tráfico, atraviesa una población a una velocidad constante de 36 km/h (10 m/s). Cuando sale a la carretera, aumenta la velocidad hasta alcanzar 108 km/h (30 m/s). En este aumento de velocidad invierte un tiempo de 40 s. El motorista sigue con velocidad constante de 30 m/s durante 50 segundos. En ese momento divisa una señal de STOP y detiene su vehículo en 10 segundos.

Desde el momento en que el motorista sale a la carretera, encontramos varios tipos de movimiento:

1. Al salir del pueblo, acelera de 10 m/s a 30 m/s en 40 s. El movimiento es uniformemente variado.
2. En la carretera lleva una velocidad constante de 30 m/s. El movimiento es uniforme (durante 50 s) ($a = 0$).
3. A los 90 s divisa la señal de STOP y detiene la moto en 10 s. El movimiento es uniformemente variado.

El motorista, desde que salió de la población, suponemos que se ha movido con una aceleración constante:

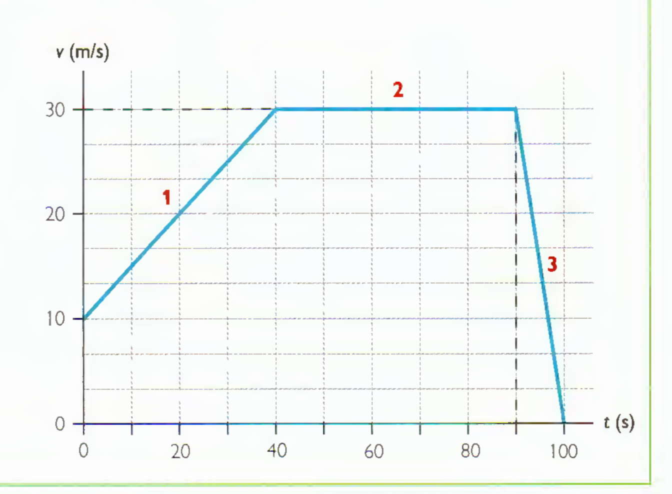
$$a = \frac{v_F - v_0}{t_F - t_0} = \frac{30 \text{ m/s} - 10 \text{ m/s}}{40 \text{ s}} = \frac{20 \text{ m/s}}{40 \text{ s}} = 0{,}5 \text{ m/s}^2$$

Suponemos que en su movimiento de frenado ha llevado una aceleración constante:

$$a = \frac{v_F - v_0}{t_F - t_0} = \frac{0 - 30 \text{ m/s}}{10 \text{ s}} = -3 \text{ m/s}^2$$

El paseo en moto puede representarse entonces mediante la gráfica velocidad-tiempo en tres tramos:

1. La moto acelera, al salir del pueblo.
2. La velocidad se mantiene constante, antes de divisar la señal de STOP.
3. La frenada.



La ley del movimiento en el MRUV

Sea un cuerpo que recorre un camino x en un tiempo t. Si su velocidad ha ido cambiando a lo largo del trayecto, podemos calcular el desplazamiento (Δx) utilizando la velocidad media (v_m); para simplificar, suponemos que $t_0 = 0$:

$$\Delta x = v_m \cdot t$$

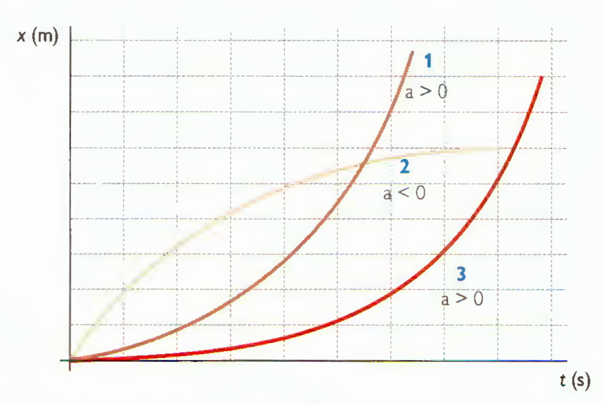
Ahora bien, si la aceleración es constante, v_m es la media entre la velocidad inicial (v_0) y la final (v_F), y teniendo en cuenta que $v_F = v_0 + a \cdot t$, como ya sabemos:

$$\Delta x = \frac{v_0 + v_0 + a \cdot t}{2} \cdot t \rightarrow \Delta x = \frac{2v_0 + a \cdot t}{2} \cdot t \rightarrow$$

$$\rightarrow \Delta x = v_0 \cdot t + \frac{1}{2} a \cdot t^2$$

La expresión para la posición en un movimiento uniformemente acelerado es:

$$x = x_0 + v_0 \cdot t + \frac{1}{2} a \cdot t^2$$



- Para la gráfica 1, a es positiva.
- Para la gráfica 2, a es negativa.
- Para la gráfica 3, a es positiva.

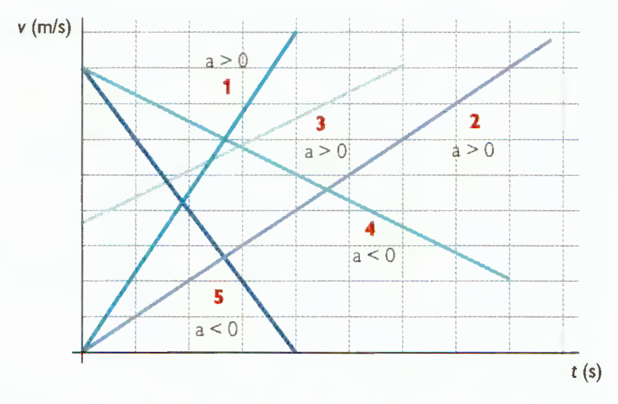
El MRUV en gráficas

La **gráfica *x-t*** en un movimiento uniformemente acelerado es **un arco de parábola** que puede adoptar diferentes formas según las características de cada caso concreto (si el móvil parte del reposo o no, si la aceleración es positiva o negativa, etc.).

Cuanto mayor sea la aceleración, más brusco será el ascenso o el descenso (si es una aceleración negativa) de la parábola (una vez fijada la escala de los ejes).

Las **gráficas *v-t*** son **rectas inclinadas** (con pendiente), ascendentes o descendentes, según la aceleración sea positiva o negativa.





- Para las gráficas 1 y 2, $v_0 = 0$ y a es positiva.
- Para 3, $v_0 \neq 0$ y a es positiva.
- Para 4 y 5, $v_0 \neq 0$ y a es negativa.

CÓMO HACER

- **¿Qué espacio recorrerá un camión que avanzaba con una velocidad de 30 m/s si frenó con una aceleración de -3 m/s²?**

Datos:
- $v_0 = 30$ m/s.
- $v_F = 0$, puesto que termina parado.
- $a = -3$ m/s².

Calculamos el tiempo utilizando la definición de la aceleración, de la que ya lo hemos despejado:

$$t = \frac{v - v_0}{a} = \frac{0 \text{ m/s} - 30 \text{ m/s}}{-3 \text{ m/s}^2} = \frac{-30 \text{ m/s}}{-3 \text{ m/s}^2} = \frac{-30}{-3} \frac{\cancel{\text{m}}}{\cancel{\text{s}}} \cdot \frac{\cancel{\text{s}^2}}{\cancel{\text{m}}} = 10 \text{ s}$$

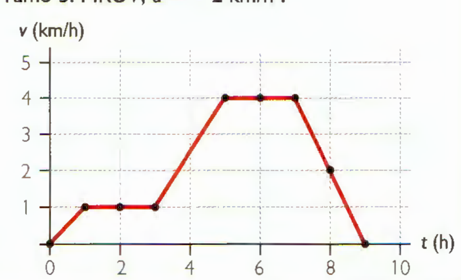
Una vez calculado el tiempo que tarda en frenar, sustituimos los datos en la ecuación de la posición:

$$x = x + v_0 \cdot t + \frac{1}{2} a \cdot t^2 = 0 + 30 \frac{\text{m}}{\cancel{\text{s}}} \cdot 10 \cancel{\text{s}} + \frac{1}{2} \cdot \left(-3 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}\right) \cdot (10 \text{ s})^2 =$$

$$= 300 \text{ m} + \frac{1}{2} \cdot \left(-3 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}\right) \cdot 100 \text{ s}^2 = 300 \text{ m} - \frac{300}{2} \frac{\text{m}}{\cancel{\text{s}^2}} \cancel{\text{s}^2} = 150 \text{ m}$$

- **En la gráfica inferior, interpretamos el movimiento realizado por el móvil en cada tramo y calculamos la aceleración en cada uno de ellos.**

Tramo 1: MRUV; $a = 1$ km/h².
Tramo 2: MRU; $a = 0$.
Tramo 3: MRUV; $a = 1{,}5$ km/h².
Tramo 4: MRU; $a = 0$.
Tramo 5: MRUV; $a = -2$ km/h².



La aceleración de la gravedad

Descartando la acción del aire, todos los cuerpos caen sobre la superficie de la Tierra con la misma aceleración, independientemente de cuál sea su masa.


En la caída libre, el movimiento es uniformemente acelerado.

Caída libre

Este movimiento es el que describen, atraídos por la fuerza gravitatoria de la Tierra, y sin considerar la acción del aire, los cuerpos que caen. Está caracterizado porque el aumento de la velocidad es siempre el mismo en las cercanías de la superficie terrestre: la velocidad de los cuerpos aumenta en 9,8 m/s cada segundo. Este valor es una de las constantes más importantes de la física, por lo que recibe un nombre específico, **aceleración de la gravedad**, y se abrevia con la letra **g**.

Si todos los cuerpos que caen lo hacen con la misma aceleración, podemos llegar a la conclusión de que todos tardan el mismo tiempo en caer si se los suelta desde la misma altura y, por tanto, que sus movimientos son idénticos. Esto se debe a que el MRUV solo depende de la aceleración y de la velocidad inicial, cuyo valor es 0 en este caso.

Considerar el rozamiento con el aire complicaría el problema, por lo que lo despreciaremos.

Las ecuaciones que rigen el movimiento de caída libre son las mismas que las de cualquier movimiento rectilíneo uniformemente acelerado, en el que $a = g = 9{,}8\ \text{m/s}^2$; además $v_0 = 0$, si comienza desde el reposo.

Introducimos estos dos valores en la definición de la aceleración y entonces:

$$v = v_0 + a \cdot t \rightarrow v = 0 + g \cdot t \rightarrow \mathbf{v = g \cdot t} \rightarrow v = 9{,}8\ \text{m/s}^2 \cdot t$$

Si hacemos lo mismo con la ecuación de la posición, obtendremos:

$$y = v_0 \cdot t + \frac{1}{2} \cdot a \cdot t^2 \rightarrow y = 0 \cdot t + \frac{1}{2} \cdot g \cdot t^2 \rightarrow \mathbf{y = \frac{1}{2} \cdot g \cdot t^2}$$

CÓMO HACER

¿Cuánto tiempo tardará en caer una moneda desde una altura de 19,6 metros?

Del enunciado obtenemos los siguientes datos:

$$v_0 = 0\ \text{m/s} \quad ; \quad a = g = 9{,}8\ \text{m/s}^2 \quad ; \quad y = \text{altura} = 19{,}6\ \text{m}$$

Elegimos la siguiente ecuación y despejamos el tiempo:

$$y = \frac{1}{2} \cdot g \cdot t^2 \rightarrow 19{,}6 = \frac{1}{2} \cdot 9{,}8 \cdot t^2$$

Si invertimos la ecuación y hacemos la raíz cuadrada, tendremos:

$$t^2 = \frac{2 \cdot y}{g} \rightarrow t = \sqrt{\frac{2 \cdot y}{g}}$$

Introducimos los datos y operamos:

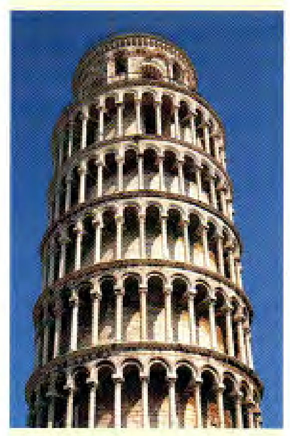
$$t = \sqrt{\frac{2 \cdot 19{,}6\ \text{m}}{9{,}8\ \text{m/s}^2}} = \sqrt{\frac{39{,}2}{9{,}8}} = \sqrt{4} = 2\ \text{s}$$


SABÍAS QUE...

Un poco de historia

Cuenta la leyenda que Galileo (científico del siglo XVI) descubrió que todos los cuerpos caían de la misma manera dejando caer cuerpos ligeros y pesados desde la torre inclinada de Pisa.

Observó que todos tardaban el mismo tiempo en llegar al suelo, con lo que se abandonaba la antigua idea de que los cuerpos más pesados lo hacían más rápidamente.


Torre de Pisa, Italia.

Lanzamiento vertical

Cuando lanzamos un objeto verticalmente hacia arriba, la fuerza gravitatoria actúa, al igual que en la caída libre, atrayéndolo hacia el centro de la Tierra. De este modo, la velocidad del cuerpo irá disminuyendo gradualmente y con el mismo ritmo con el que aumentaba al caer (9,8 m/s²). La aceleración tendrá signo negativo si conservamos el eje vertical con sentido hacia arriba.

Las ecuaciones que rigen este movimiento se deducen, al igual que pasa con la caída libre, de las ecuaciones del MRUV, sustituyendo el valor de la aceleración, $a = -g = -9{,}8$ m/s², y considerando que v_0 no puede ser nula, pero sí lo es la velocidad al final de la subida.

$$a = \frac{v_F - v_0}{t} \rightarrow v_F = v_0 + a \cdot t \rightarrow \mathbf{v_F = v_0 - g \cdot t}$$

Para calcular la altura que alcanza el cuerpo que se lanza utilizamos la fórmula siguiente:

$$\mathbf{y = v_0 \cdot t - \frac{1}{2} \cdot g \cdot t^2}$$

Este movimiento es simétrico al de caída libre respecto del punto de altura máxima. Esto significa que el cuerpo tarda en subir hasta la posición más elevada lo mismo que tardará en bajar, y que llegará al suelo con la misma rapidez con la que se lanzó hacia arriba, pero el vector velocidad tendrá el sentido contrario.



CÓMO HACER

- **Se lanza verticalmente hacia arriba un cuerpo con $v_0 = 40$ m/s.**

  ¿Cuál es su velocidad 2 s después? ¿Cuánto tiempo tarda en alcanzar su altura máxima? ¿A qué altura llegó?

  Como el cuerpo asciende:

  $$v_F = v_0 + at \rightarrow v_F = 40 \text{ m/s} + (-9{,}8 \text{ m/s}^2) \cdot 2 \text{ s} \rightarrow$$
  $$\rightarrow v \simeq 20 \text{ m/s}$$

  ¡Cuidado con estas preguntas! Realmente, aquí estamos dando por hecho que el cuerpo asciende durante esos 2 s y no llega a pararse.
  (Para contestar correctamente a estas preguntas es necesario conocer antes cuándo se parará el móvil.)
  Cuando el objeto se para, la velocidad es nula:

  $$v_F = 0 \rightarrow 0 = 40 \text{ m/s} + (-9{,}8 \text{ m/s}^2) \cdot t \rightarrow t \simeq 4 \text{ s}$$

  El tiempo de ascenso es mayor que los 2 s correspondientes al primer apartado, por lo que la respuesta que hemos dado allí es correcta.
  La altura en ese punto es:

  $$y = v_0 t + \frac{1}{2} at^2 \rightarrow s = 40 \text{ m/s} \cdot 4 \text{ s} + \frac{1}{2}(-9{,}8 \text{ m/s}^2) \cdot 4^2 \text{ s}^2 \rightarrow$$
  $$\rightarrow s \simeq 80 \text{ m}$$

- **¿Qué altura alcanzará un proyectil que es lanzado hacia arriba con una velocidad de 100 m/s? ¿Cuánto tiempo tardará en caer?**

  Del enunciado obtenemos los datos: $v_0 = 100$ m/s; $v = 0$, puesto que arriba se para; $a = -g = -9{,}8$ m/s²

  Para resolver el problema calculamos el tiempo que tardará en pararse (posición más elevada) y después lo usamos para calcular la altura.
  Despejamos la expresión del tiempo y lo calculamos sustituyendo los valores conocidos:

  $$a = \frac{v - v_0}{t} \rightarrow t = \frac{v - v_0}{a}$$

  $$t = \frac{v - v_0}{a} = \frac{0 - 100 \text{ m/s}}{-9{,}8 \text{ m/s}^2} =$$

  $$= \frac{-100 \text{ m/s}}{-9{,}8 \text{ m/s}^2} = \frac{-100}{-9{,}8} \frac{\cancel{\text{m}}}{\cancel{\text{s}}} \cdot \frac{\text{s}^{\cancel{2}}}{\cancel{\text{m}}} = 10{,}2 \text{ s}$$

  Calculamos la altura alcanzada sustituyendo este valor en la ecuación de posición del MRUV:

  $$y = v_0 \cdot t + \frac{1}{2} \cdot a \cdot t^2 =$$

  $$= 100 \text{ m}/\cancel{\text{s}} \cdot 10{,}2 \cancel{\text{s}} + \frac{1}{2} \cdot (-9{,}8 \text{ m/s}^2) \cdot (10{,}2 \text{ s})^2 =$$

  $$= 1.020 \text{ m} - \frac{1}{2} \cdot 9{,}8 \text{ m/s}^2 \cdot 104{,}04 \text{ s}^2 =$$

  $$= 1.020 \text{ m} - 509{,}8 \text{ m}/\cancel{\text{s}^2} \cdot \cancel{\text{s}^2} =$$

  $$= 1.020 \text{ m} - 509{,}8 \text{ m} = 510{,}2 \text{ m}$$

  Para calcular el tiempo que tarda en caer nos fijamos en el resultado obtenido antes: el proyectil tarda 10,2 s en alcanzar su posición más elevada. Además, como tarda el mismo tiempo en bajar que en subir, queda:

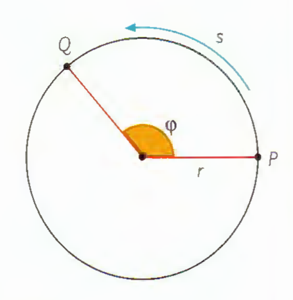
  $$t_{Total} = t_{Subida} + t_{Bajada} = 10{,}2 + 10{,}2 = 20{,}4 \text{ s}$$

Movimiento circular uniforme (MCU)

Los movimientos descritos por un disco, las manecillas de un reloj, el plato de un microondas…, son buenos ejemplos de movimientos circulares uniformes.



Los anillos de Saturno están formados por fragmentos de roca y hielo que giran alrededor del planeta. Los fragmentos más alejados del planeta giran con una velocidad angular menor.



Grados y radianes

Los ángulos se pueden medir en grados sexagesimales y en radianes. El radián (rad) es la unidad del SI empleada para medir ángulos.

La equivalencia es:

$$360° = 2\pi$$

Por tanto:

- $180° = \pi$
- $90° = \frac{\pi}{2}$

Espacio recorrido y ángulo girado

Observemos el dibujo del margen. Un objeto que se traslade desde el punto P hasta el punto Q ha recorrido un espacio s y ha girado un ángulo φ (se lee fi), medido en radianes. Se puede deducir la expresión del espacio recorrido en metros de una forma muy sencilla:

Si gira 2π radianes, es decir, una vuelta completa, recorre $2\pi r$ metros, que es la longitud de una circunferencia. Por tanto, si gira φ radianes, recorrerá s metros. Luego establecemos la proporción:

$$\frac{2\pi}{2\pi r} = \frac{\varphi}{s} \rightarrow s = \varphi \cdot r$$

El espacio recorrido en un movimiento circular uniforme es igual al radio de la circunferencia multiplicado por el ángulo girado, medido este en radianes.

Velocidad angular

La velocidad angular (ω) representa el ángulo girado en cada unidad de tiempo:

$$\omega = \frac{\varphi}{t}$$

La unidad en el SI es el **radián/segundo (rad/s)**.

Existe una relación entre la velocidad angular, ω, y el módulo de la velocidad lineal, v, del cuerpo que gira. En el dibujo anterior, si medimos φ en radianes, entonces:

$$s = \varphi \cdot r$$

Dividiendo ambos miembros por el tiempo, t, obtenemos la relación entre la velocidad lineal y la angular:

$$\frac{s}{t} = \frac{\varphi \cdot r}{t} \rightarrow \frac{s}{t} = \frac{\varphi}{t} \cdot r \rightarrow v = \omega \cdot r$$



CÓMO HACER

- **¿Qué espacio recorre un móvil que gira un ángulo de 90° sobre una trayectoria circular de 6 m de radio?**

El ángulo girado es: $\varphi = 90° = \frac{\pi}{2}$

Y el espacio recorrido:

$$s = \varphi \cdot r = \frac{\pi}{2} \cdot 6 = 3{,}14 \cdot 3 = 9{,}42 \text{ m}$$

- **Calcular la velocidad angular de una noria que tarda dos minutos en dar una vuelta.**

  - t = 2 minutos = 120 segundos
  - 1 vuelta = 2π radianes

Sustituyendo los datos en la expresión de la velocidad angular obtenemos lo siguiente:

$$\omega = \frac{\varphi}{t} = \frac{2\pi}{120 \text{ s}} = \frac{\pi}{60} \frac{1}{\text{s}}$$

Ley del movimiento en un MCU

Un movimiento circular uniforme se caracteriza porque:

- Su velocidad angular, ω, es constante.
- El móvil gira ángulos iguales en tiempos iguales.

El ángulo recorrido es igual a la velocidad angular por el tiempo.

$$\varphi = \omega \cdot t$$

Observa que la ley anterior es muy parecida a la ley del movimiento para el MRU: $s = v \cdot t$.

El movimiento circular uniforme es **periódico**. De una forma regular, el cuerpo vuelve a ocupar la misma posición. Al tiempo que tarda en concluir una vuelta se le llama **período** (T).

$$T = \frac{2\pi R}{v} = \frac{2\pi}{\omega}$$

La **frecuencia** (f) es el número de vueltas que da el cuerpo en un segundo. Teniendo en cuenta que el cuerpo recorre v metros en 1 s, la frecuencia es igual a:

$$f = \frac{v}{2\pi R} = \frac{1}{T} = \frac{\omega}{2\pi}$$

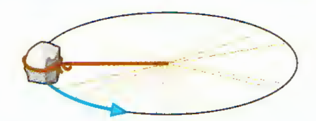
Las unidades que le corresponden a esta magnitud son las de s^{-1} o hertzs (Hz).



El movimiento de una noria es circular uniforme (MCU).

CÓMO HACER

- **Una piedra atada a una cuerda de 0,5 m de longitud gira a razón de 60 vueltas/minuto. Calcular:**



a) Su velocidad angular en rad/s.

Expresamos todo en el SI:

$$\omega = f \cdot 2p$$

$$= 60 \frac{2\ \pi\ \text{rad}}{60\ \text{s}} = 6{,}28\ \text{rad/s}$$

b) El ángulo girado en 5 s.

En este caso:

$$\varphi = \omega \cdot t = 6{,}28\ \text{rad/s} \cdot 5\ \text{s} = 31{,}4\ \text{rad}$$

c) El número de vueltas que dio en ese tiempo.

$$\frac{1\ \text{vuelta}}{2\pi\ \text{rad}} = \frac{n\ \text{vueltas}}{31{,}4\ \text{rad}} \rightarrow n = 5\ \text{vueltas}$$

d) La velocidad lineal de la piedra.

A partir de la relación entre v y ω:

$$v = \omega \cdot r = 6{,}28\ \text{rad/s} \cdot 0{,}5\ \text{m} = 3{,}14\ \text{m/s}$$

- **La noria de un parque de atracciones tarda 15 s en dar una vuelta. Si su velocidad angular es constante, calcular:**

a) La velocidad angular en radianes/segundo.
b) El período y la frecuencia.
c) El ángulo girado en 5 segundos.
d) La velocidad lineal de un viajero situado a 10 m del eje de giro.

La noria se mueve con movimiento circular uniforme, por lo que aplicamos sus ecuaciones.

a) $\omega = \dfrac{\varphi}{t} = \dfrac{2\pi}{15} = 0{,}13\pi$ rad/s.

b) El período es el tiempo que tarda en dar una vuelta, por lo que será $T = 15$ segundos.
La frecuencia es la inversa del período, por lo que sería:

$$f = 1/15 = 0{,}06\ \text{Hz}.$$

c) El ángulo girado en 5 segundos será:

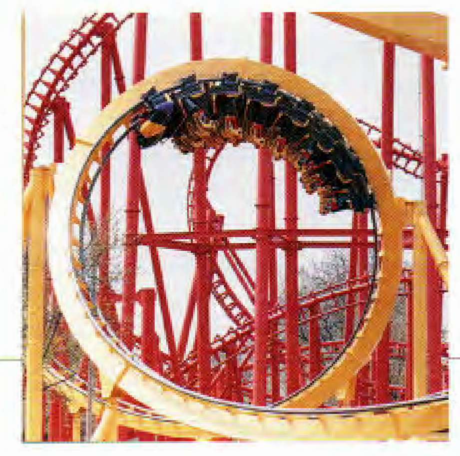
$$\varphi = \omega \cdot t = 0{,}13\pi \cdot 5 = 0{,}65\pi\ \text{rad}$$

d) La velocidad lineal de un viajero la calculamos a partir de la relación entre esta y la velocidad angular $v = \omega \cdot R$; entonces:

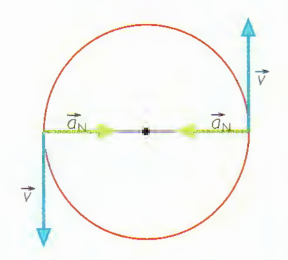
$$v = 0{,}13\pi \cdot 10 = = 1{,}3\pi\ \text{m/s}$$

La aceleración centrípeta

En el movimiento circular uniforme, el módulo de la velocidad es constante; es decir, no varía. Sin embargo, en este tipo de movimientos sí existe una aceleración: la aceleración normal o centrípeta.



En un bucle de una montaña rusa, los ocupantes del vagón sufren una aceleración normal o centrípeta proporcional al cuadrado de la rapidez del vagón.



La aceleración normal o centrípeta está siempre dirigida hacia el centro de curvatura, y es la que indica el cambio de dirección del vector velocidad.

¿Qué es la aceleración centrípeta?

Esta aceleración, también llamada normal, es responsable de que la trayectoria del móvil sea una circunferencia. La aceleración centrípeta está siempre dirigida hacia el centro de la circunferencia.

El valor de la aceleración normal (a_N) puede conocerse a partir de la siguiente expresión:

$$a_N = \frac{v^2}{r} = \omega^2 \cdot r$$

Donde v es el módulo de la velocidad del móvil y r es el radio de la circunferencia. La unidad de aceleración centrípeta, como las de cualquier aceleración, es m/s^2 (en el SI).

Cuanto más rápido gira el móvil, mayor es la aceleración normal.

Como es lógico, las expresiones anteriores son coherentes con la idea de que en una trayectoria rectilínea, al no existir cambio en la dirección de la velocidad, la aceleración normal debe ser nula. En efecto, cualquier tramo recto de una posible trayectoria puede considerarse matemáticamente como un trozo de una circunferencia de radio infinito, con lo que sustituyendo en la primera expresión tenemos:

$$a_N = \frac{v^2}{r} \text{ si } r \rightarrow \infty \Longrightarrow a_N \rightarrow 0$$

¿Qué ocurriría si utilizásemos la segunda expresión? También daría 0, ya que en un tramo recto la velocidad angular es nula.

CÓMO HACER

- **Calcular la aceleración normal o centrípeta de un punto que gira a razón de 30 r.p.m. en una trayectoria circular de 2 m de radio.**

  Expresamos ω en unidades del SI:

  $$\omega = \frac{30 \text{ vueltas}}{1 \text{ min}} = \frac{30 \cdot 2\pi}{60} = 3{,}14 \text{ rad/s}$$

  Calculamos a_N:

  $$a_N = \omega^2 \cdot r = 3{,}14^2 \cdot 2 = 19{,}7 \text{ m/s}^2$$

- **El movimiento de la Tierra alrededor del Sol se realiza aproximadamente describiendo una circunferencia de un radio medio de unos 150 millones de km. Si hacemos la aproximación de considerarlo como circular uniforme, ¿cuál es el valor de la aceleración normal con que se mueve la Tierra en su órbita?**

  El período o tiempo que tarda la Tierra en dar una vuelta completa en torno al Sol es:

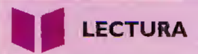
  $$T = 1 \text{ año} = 1 \cancel{\text{año}} \cdot 365 \frac{\cancel{\text{días}}}{\cancel{\text{año}}} \cdot 24 \frac{\cancel{\text{horas}}}{\cancel{\text{día}}} \cdot 3.600 \frac{\text{s}}{\cancel{\text{h}}} = 31.536.000 \text{ s}$$

  Su velocidad angular será:

  $$\omega = \frac{2\pi}{T} = \frac{2\pi}{31.536.000} \frac{\text{rad}}{\text{s}}$$

  Y su aceleración normal o centrípeta:

  $$a_N = \omega^2 r = \left(\frac{2\pi}{31.536.000}\right)^2 \cdot 150.000.000.000 \cong 0{,}006 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$



LECTURA

Velocidades máximas del hombre y algunos animales en diferentes medios de desplazamiento

Durante miles de años los seres humanos han intentado correr cada vez más rápido. Las carreras se hacen en distancias determinadas (100 m, 200 m, 1.500 m, etc.), de forma que solo hay que comparar los tiempos, no las velocidades. En poco más de cien años, la ciencia, la tecnología, la alimentación y el entrenamiento han permitido mejorar considerablemente las marcas olímpicas.



Animal	Velocidad (km/h)	Medio de desplazamiento
Águila	160	Aire
Halcón peregrino	100	Aire
Pato	96	Aire
Cisne	68	Aire
Guepardo	112	Tierra
Gacela	96	Tierra
Caballo	64	Tierra
Hombre andando	7	Tierra
Hombre corriendo	37	Tierra
Tortuga	0,4	Tierra
Lagarto basilisco	100	Agua
Delfín	59	Agua
Ballena	48	Agua
Salmón	40	Agua
Hombre nadando	9	Agua

Velocidades medias de los planetas en sus órbitas

Las velocidades de los planetas en sus órbitas alrededor del Sol son muy elevadas. Los planetas más cercanos al Sol tardan en dar una vuelta menos que los lejanos, porque su órbita es más pequeña y se mueven más rápidos. Los valores que aparecen en la tabla son de las velocidades medias, ya que los planetas van más deprisa cuando están en la parte de la órbita más cercana al Sol.

Planeta	Período (años)	Velocidad media (km/s)
Venus	0,6	35,0
Tierra	1	29,8
Marte	2	24,1
Júpiter	12	13,1
Saturno	30	9,6
Urano	84	6,8
Neptuno	165	5,4

Velocidad y deporte

Las bolas, balones y pelotas usados en los diferentes deportes son los objetos que más rápido se mueven. Se diseñan y fabrican con el fin de que adquieran velocidad y alcancen mayor distancia. La velocidad más alta se logra en el golf al realizar un golpe de salida (*drive*).

Deporte	$v_{máxima}$ (km/h)
Jai Alai (cesta punta)	300
Golf	340
Tenis	245
Hockey hielo	190
Tenis de mesa	170
Béisbol	220
Fútbol	140
Bádminton	200
Frisbee	74



SABÍAS QUE...

El complicado segundo

¿Resulta complicado medir la duración de un segundo de tiempo? Probablemente, la respuesta sea que no, todos lo hemos hecho alguna vez. Quizá sería muy diferente si antes nos informamos de la definición de segundo que aparece en un documento custodiado en la Oficina Internacional de Pesos y Medidas, situada cerca de París: «Tiempo en el que se dan 9.192.631.770 oscilaciones del átomo de cesio 133».

El cronómetro que es capaz de medirlo es un reloj atómico que se encuentra en un laboratorio del Time and Frequency Department del National Institute of Standards and Technology, en Boulder (Colorado).

FÍSICA Y QUÍMICA

Bloque 05. Dinámica

Interacciones y fuerzas

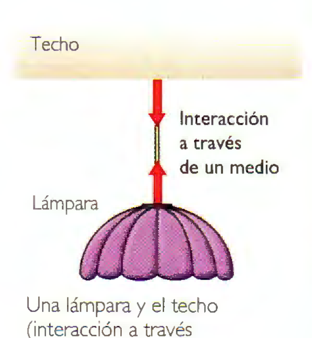
¿Por qué cae una pelota? ¿Por qué se mueve un clip al acercarle un imán? Porque en ambos casos existe una interacción (entre la pelota y la Tierra o entre el clip y el imán). Es decir, existen fuerzas que actúan sobre la pelota y sobre el clip.



La atracción gravitatoria entre la Tierra y un cuerpo (interacción a distancia).



Un pie y el suelo (interacción de contacto).



Una lámpara y el techo (interacción a través de un medio).

Tipos de interacciones

Se llaman interacciones a las acciones mutuas que los cuerpos ejercen unos sobre otros. Los cuerpos interaccionan por parejas, de tal forma que los dos participantes representan papeles semejantes. Para la física, todos los seres vivos y no vivos interaccionan.

- **Interacciones a distancia.**
  Se produce esta interacción cuando dos cuerpos actúan el uno sobre el otro sin que haya ningún contacto directo ni ningún cuerpo o medio interpuesto entre ellos.
  De este tipo son todas las interacciones fundamentales de la naturaleza; por ejemplo, la gravitación o el electromagnetismo. La Tierra atrae a todos los cuerpos en su proximidad sin que sea necesario que estén en contacto con su superficie.
- **Interacciones de contacto.**
  Dos objetos al chocar o, simplemente, cuando parte de sus superficies están juntas, interaccionan. Estas interacciones de contacto reflejan la resistencia de los cuerpos a ser atravesados o a fragmentarse.
- Las interacciones de contacto entre tres objetos pueden reinterpretarse a veces como **interacciones a través de un medio**. Este medio no tiene porqué ser sólido, puede ser un fluido: gas o líquido.

Fuerzas

La interacción entre dos cuerpos A y B se traduce en dos fuerzas: la que el cuerpo A ejerce sobre el cuerpo B y la que el cuerpo B ejerce sobre el A.

Mientras que el concepto de interacción requiere un sujeto doble (A y B interaccionan), el concepto de fuerza sitúa a uno de los cuerpos como sujeto y al otro como objeto: A actúa sobre B y B actúa sobre A.

A nuestro alrededor se están aplicando fuerzas constantemente. Unas veces actúan durante un brevísimo espacio de tiempo, en este caso se denominan **instantáneas**, y otras, en cambio, son **permanentes**.

En cualquier caso, nunca puede haber una fuerza aplicada sobre un cuerpo si no hay otro que se la proporciona. Es decir, **las fuerzas son el resultado de la interacción entre dos o más cuerpos**.

En el SI, las fuerzas se miden en **newtons** (N). Las fuerzas se diferencian entre sí en:

- **La intensidad de la interacción.** La interacción electromagnética es mucho más intensa, por ejemplo, que la interacción gravitatoria.
- **Los cuerpos a los que afecta.** Por ejemplo, la fuerza gravitatoria afecta a todos los cuerpos con masa, mientras que las fuerzas eléctricas se producen solo entre cuerpos cargados eléctricamente.
- **El alcance.** La interacción electromagnética tiene un alcance infinito, mientras que las fuerzas nucleares tienen un radio de acción muy corto.

Interacciones fundamentales

Las cuatro interacciones fundamentales que existen en la naturaleza (al menos las conocidas hasta el presente) son:



En las tormentas, a veces se producen grandes descargas eléctricas, dando lugar a rayos y relámpagos.

Interacción gravitatoria

La fuerza gravitatoria es la responsable, por ejemplo, de que permanezcamos pegados al suelo o de que nuestro planeta gire continuamente alrededor del Sol.

Las fuerzas gravitatorias se producen entre todos los cuerpos del Universo con masa, tienen alcance infinito y su intensidad disminuye rápidamente con la distancia.

Interacción electromagnética

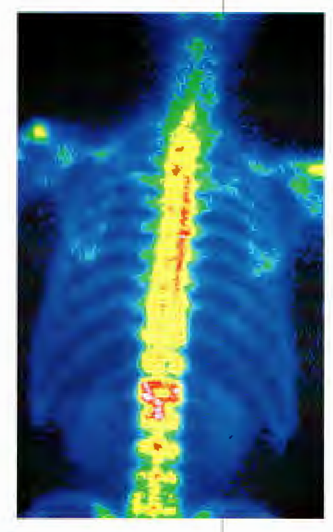
Se debe a la existencia de cargas eléctricas, y puede ser de atracción (entre objetos cargados con carga neta de distinto signo) o de repulsión (cargas del mismo signo). Es mucho más intensa que la gravitatoria, y también tiene alcance infinito, disminuyendo su intensidad con la distancia.

Interacción nuclear fuerte

Mantiene unidos a los protones y neutrones en el núcleo de los átomos. Es la más intensa de todas, pero tiene muy corto alcance (solo actúa a distancias inferiores al diámetro de los núcleos atómicos).



Interacción nuclear: reacción nuclear, fusión en el Sol. De esta manera se genera la enorme cantidad de energía que emite el Sol.



Interacción nuclear: desintegración radiactiva. Se aprovecha, por ejemplo, en medicina, para obtener imágenes del interior del cuerpo humano.

Interacción nuclear débil

Es la responsable de la desintegración radiactiva de algunos átomos. Es unos 1.000 millones de veces menos intensa que la nuclear fuerte, teniendo un alcance algo mayor.
Todas las demás interacciones pueden reducirse en último término a alguna de estas.

Los efectos de las fuerzas

Las fuerzas pueden producir dos clases de efectos sobre los cuerpos que actúan:

Efecto estático. Las fuerzas pueden producir deformaciones, perceptibles a veces y otras no, porque pueden ser muy pequeñas.

Efecto dinámico. Las fuerzas pueden:

- Hacer pasar a un cuerpo del reposo al movimiento.
- Cambiar el valor de la velocidad aumentándola o disminuyéndola.
- Modificar la dirección de la velocidad.



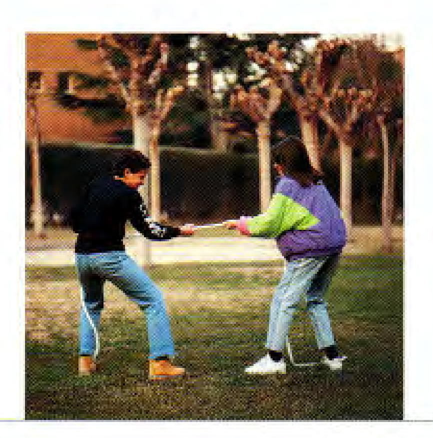
Debido a su corto alcance, los efectos de las fuerzas nucleares solo se notan a escala atómica. ¿Por qué pueden producir efectos tan devastadores?

Intensidad relativa de las fuerzas fundamentales

Interacción	Intensidad relativa
Gravitatoria	1
Nuclear débil	10^{33}
Electromagnética	10^{37}
Nuclear fuerte	10^{39}

Composición de fuerzas

A menudo ocurre que dos o más fuerzas actúan sobre un cuerpo. En este caso, los efectos de cada una de ellas se suman, dando lugar a una fuerza resultante.



¿Cómo se representan las fuerzas?

La fuerza es una **magnitud vectorial**, al igual que la velocidad o la aceleración. Se representa por un vector $\vec{F}$, que se caracteriza por cuatro datos:

- El **módulo** o **intensidad** es una medida cuantitativa de la fuerza. Si la intensidad es un número grande, la fuerza es grande; si, por el contrario, es un número pequeño, la fuerza es pequeña. La unidad en la que se mide la intensidad de una fuerza en el SI es el **newton** (N).



- La **dirección** es la recta sobre la que se aplica la fuerza.
- El **sentido** indica hacia dónde se aplica la fuerza. En una misma dirección existen dos sentidos posibles.
- El **punto de aplicación** es el punto del espacio en que se aplica la fuerza. Esto es importante, pues los efectos que producen las fuerzas dependen en muchos casos del punto de aplicación.

Composición de fuerzas

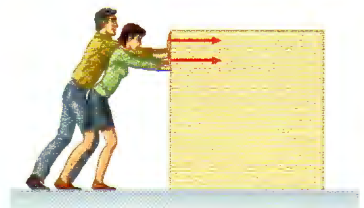
Cuando sobre un cuerpo actúan varias fuerzas, el efecto conjunto puede venir representado por una única fuerza que hace el efecto de todas y que se llama **resultante**. Se calcula como la suma vectorial de las fuerzas presentes.

Fuerzas con la misma dirección

Cuando las fuerzas tienen la misma dirección, resulta muy sencillo calcularlas. Existen dos casos posibles:

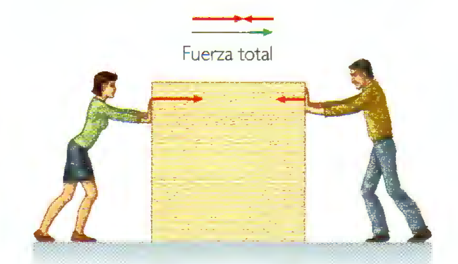
- Si las fuerzas tienen el **mismo sentido**, sus efectos se suman. La fuerza resultante tendrá en este caso la misma dirección y sentido, y su módulo será igual a la suma de los módulos de ambas fuerzas.

$$F_{Resultante} = F_1 + F_2$$



- Si las fuerzas tienen **sentidos opuestos**, sus efectos se restan. La fuerza resultante tendrá en este caso la misma dirección, estará orientada en el sentido de la fuerza de mayor módulo, y su módulo será igual a la resta de los módulos de ambas fuerzas.

$$F_{Resultante} = F_1 - F_2$$



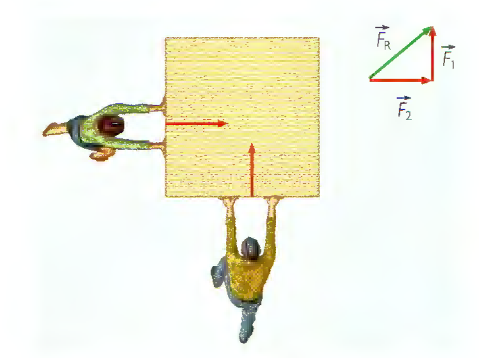
Fuerzas con distinta dirección

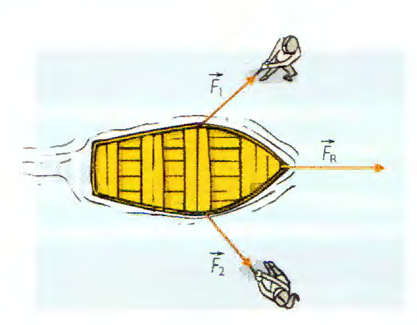
Cuando las fuerzas no tienen la misma dirección, sino que forman un cierto ángulo, se calculan de la siguiente manera:

- Si las fuerzas son **perpendiculares**, el cuadrado de la intensidad de la resultante será igual a la suma de los cuadrados de las intensidades de las fuerzas de partida (teorema de Pitágoras).

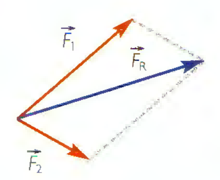
$$F_R = \sqrt{F_1^2 + F_2^2}$$

- Si las fuerzas **forman un ángulo** distinto de 90°, la suma o fuerza resultante, $\vec{F}_R$, coincide con la diagonal del paralelogramo construido sobre las fuerzas componentes o sumandos (regla del paralelogramo).





Regla del paralelogramo

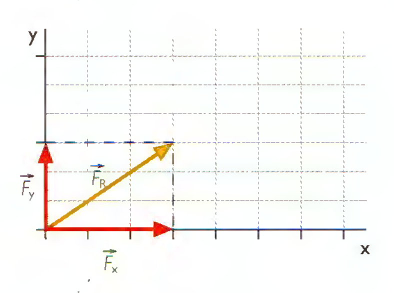


Descomposición de fuerzas

Hay ocasiones en las que resulta útil descomponer una fuerza $\vec{F}_R$ en un sistema de dos o más fuerzas componentes, de forma que el efecto de $\vec{F}_R$ sea igual al del conjunto del sistema.

La fuerza $\vec{F}_R$ se ha descompuesto en sus dos componentes cartesianas, $\vec{F}_x$ y $\vec{F}_y$.

$$\vec{F}_R = \vec{F}_x + \vec{F}_y \quad ; \quad F_R = \sqrt{F_x^2 + F_y^2}$$



Fuerzas en equilibrio

En el caso de fuerzas con igual dirección y sentidos contrarios, ¿qué sucede si los módulos de $\vec{F}_1$ y $\vec{F}_2$ son iguales?

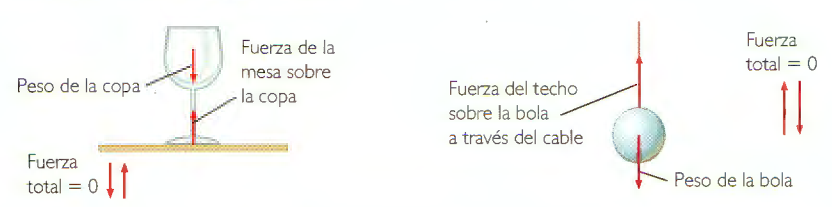
$\vec{F}_2$ $\vec{F}_1$

$$F_R = F_1 - F_2 = 0 \qquad F_R = 0$$

Cuando sumamos dos fuerzas con la misma dirección, distintos sentidos y módulos iguales, la resultante es nula: $F_R = 0$.

Solemos pensar que los cuerpos en reposo no están sometidos a fuerzas. Lo cierto es que, en general, **los cuerpos en reposo interaccionan con otros cuerpos**, normalmente también en reposo, de tal forma que las fuerzas sobre cada uno de ellos ejercidas por los otros se compensan.

Cuando la fuerza resultante es nula (no existen fuerzas o las fuerzas se compensan entre sí), el cuerpo está **en equilibrio**.



Fuerzas en situaciones de equilibrio.

Los principios de la dinámica: las leyes de Newton

La dinámica es la parte de la física que estudia la relación entre fuerzas y movimientos. Se basa en las tres leyes de Newton.

El principio de inercia o primera ley de Newton

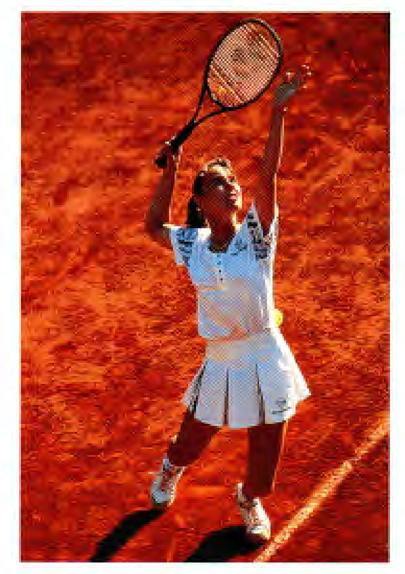
Newton se basó en las observaciones y trabajos de Galileo para enunciar la llamada **ley de la inercia** o **primera ley de Newton**:

> Si sobre un cuerpo no se ejerce ninguna fuerza neta, entonces el cuerpo o bien permanece en reposo o bien se mueve con un movimiento rectilíneo uniforme.

La comprobación de que un cuerpo que está en reposo permanece en reposo en ausencia de fuerzas es evidente. Es mucho más difícil comprender que un cuerpo en movimiento, si no actúan fuerzas sobre él, permanece siempre en movimiento manteniendo su velocidad y su trayectoria, o lo que es lo mismo, con un movimiento rectilíneo y uniforme. No hay que olvidar que a nuestro alrededor se presentan casi siempre dos fuerzas: la de rozamiento (contra el aire y contra el suelo) y la de gravedad (peso).



Las naves espaciales tienen un sistema de impulsión que incorpora pequeños motores que expulsan gases en diferentes direcciones. Al expulsar estos gases en un sentido, la nave, debido a la tercera ley de Newton, experimenta una fuerza en el sentido opuesto.



La fuerza aplicada al golpear la bola hace que esta adquiera una cierta aceleración. Si en lugar de una bola de tenis golpeamos con la raqueta un balón de fútbol (mayor masa), la aceleración provocada será mucho menor.

El principio de acción de fuerzas o segunda ley de Newton

Cuando se ejerce una fuerza sobre un objeto, este sufre los efectos. Una fuerza puede poner en movimiento un cuerpo que inicialmente se encontraba en reposo, detener un cuerpo inicialmente en movimiento, hacer que aumente o disminuya la velocidad con la que se desplaza, o simplemente deformarlo.

Además, cuando el valor de la fuerza aumenta, el efecto aumenta también; por otra parte, una misma fuerza puede producir efectos diferentes.

Todos estos hechos llevaron a Newton a formular su segunda ley de la dinámica o **segunda ley de Newton**:

> Cuando sobre un cuerpo actúa una fuerza neta, F, se produce una aceleración, a, de modo que ambas magnitudes son directamente proporcionales. La constante de proporcionalidad es la masa, m, del cuerpo. O sea:
>
> $$F = m \cdot a$$
>
> Esta fórmula se llama **ecuación fundamental de la dinámica**.
> Se trata, en realidad, de una ecuación vectorial, por lo que debe escribirse así:
>
> $$\vec{F} = m \cdot \vec{a}$$

Observemos que los vectores $\vec{F}$ y $\vec{a}$ tienen la misma dirección y sentido.

Si sobre un cuerpo actuara más de una fuerza, el primer miembro de la ecuación anterior representaría la resultante de todas ellas, así que:

$$\sum \vec{F} = m \cdot \vec{a}$$

(El símbolo $\sum$ se llama sumatorio, y se utiliza para indicar que debe realizarse una suma; en este caso, de todas las fuerzas ejercidas sobre un cuerpo.)

Para utilizar estas fórmulas correctamente debemos medir la fuerza en newtons, la masa en kg y la aceleración en m/s^2.

El principio de acción y reacción o tercera ley de Newton

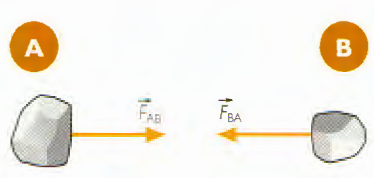
La **tercera ley de Newton** nos indica que las fuerzas siempre aparecen en pareja. Cuando un cuerpo A ejerce sobre otro cuerpo B una cierta fuerza (**acción**), el B ejerce también sobre el A una fuerza igual y de sentido contrario (**reacción**). Las fuerzas aparecen por parejas (**interacción**).

Llamando $\vec{F}_{AB}$ a la fuerza que ejerce un cuerpo A sobre un cuerpo B y $\vec{F}_{BA}$ a la fuerza que B ejerce sobre A, queda, pues:

$$\vec{F}_{AB} = -\vec{F}_{BA}$$

El signo menos indica que las fuerzas tienen sentidos opuestos.

Además, **estas fuerzas están aplicadas sobre cuerpos diferentes**, por lo que **no se anulan entre sí**.



Fuerzas de acción y reacción entre dos cuerpos.

SABÍAS QUE...

El deporte del remo

Los remeros utilizan la tercera ley de Newton para desplazarse por el agua, al empujarla hacia atrás cuando tiran del remo. Esta misma ley es utilizada por los nadadores para desplazarse a través del agua.

En el caso de los remeros, la fuerza que ejercen hacia atrás sobre el agua (fuerza de acción) produce una fuerza igual y opuesta (fuerza de reacción) que mueve la barca hacia delante. Además, el remo es una palanca, un corto tirón del remero produce un movimiento más largo en el otro extremo del remo.

CÓMO HACER

- **Un coche de 1.000 kg recibe una fuerza del motor de 1.500 N. La fuerza de rozamiento tiene un valor constante de 500 N. ¿Qué aceleración recibe el coche?**

  Teniendo en cuenta los sentidos de los vectores y los valores de las fuerzas:

$$\sum \vec{F} = \vec{F}_M + \vec{F}_R = m \cdot \vec{a}$$

$$F_M - F_R = m \cdot a \rightarrow a = \frac{F_M - F_R}{m} = \frac{1.500 - 500}{1.000} = 1 \text{ m/s}^2$$

- **Sobre un automóvil de 1.000 kg que se mueve a una velocidad de 20 m/s actúa una fuerza constante de 3.000 N en el sentido del movimiento.**

  a) Calcular la aceleración del móvil.
  b) ¿Cuál es la velocidad del móvil 4 s después?
  c) ¿Qué distancia recorre el móvil en ese tiempo?
  d) ¿Qué sucede si ahora la fuerza se aplica en el sentido opuesto?

  Primero realizamos un esquema de la situación descrita:



a) La aceleración se calcula a partir de la 2.ª ley de Newton:

$$F = m \cdot a \rightarrow a = \frac{F}{m} = \frac{3.000}{1.000} = 3 \text{ m/s}^2$$

Como la fuerza actúa en el sentido del movimiento, la aceleración tendrá el sentido del movimiento.

b) Como la aceleración tiene el mismo sentido que el movimiento, la velocidad aumentará. Por tanto:

$$v = v_0 + a \cdot t = 20 + 3 \cdot 4 = 32 \text{ m/s}$$

c) Utilizando ahora la ecuación para la posición tenemos que:

$$x = v_0 \cdot t + \frac{1}{2} a \cdot t^2 = 20 \cdot 4 + 0{,}5 \cdot 3 \cdot 4^2 = 104 \text{ m}$$

d) El valor de la aceleración no variará. Simplemente ahora estará dirigida en sentido opuesto al del caso anterior; es decir, la aceleración tendrá sentido opuesto al del movimiento. Su módulo o intensidad será, pues, de 3 m/s^2.

Si queremos calcular en este último caso la velocidad y el espacio recorrido en la frenada:

$$v = v_0 - a \cdot t = 20 - 3 \cdot 4 = 8 \text{ m/s}$$

$$x = v_0 \cdot t - \frac{1}{2} a \cdot t^2 = 20 \cdot 4 - 0{,}5 \cdot 3 \cdot 4^2 = 56 \text{ m}$$

Si comparamos el resultado con el del caso anterior (104 m), vemos que aquí el espacio recorrido es menor, lo que es lógico si tenemos en cuenta que antes el móvil aceleraba y ahora frena.

Fuerzas y movimientos

Para estudiar la relación existente entre las magnitudes propias de los movimientos y las causas que los producen, es decir, las fuerzas, aplicamos los principios de la dinámica.



Al recibir un pase desde uno de los laterales del campo y golpear el balón hacia la portería, cambia la velocidad y la dirección en que este se movía.

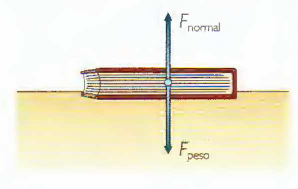
Cambios en el movimiento y fuerzas

La primera ley de Newton sirve también para saber cuándo la fuerza total que actúa sobre un cuerpo es o no nula.

Si al observar el movimiento de un cuerpo detectamos cambios en su velocidad o en la dirección en la que se mueve, debemos concluir que hay una fuerza que altera su movimiento.

Si nadie lo toca, el balón golpeado por el jugador terminará por detenerse, ya que hay una fuerza que actúa frenándolo: la fuerza de rozamiento contra el césped.

Quizá la segunda condición no sea tan evidente. Sin embargo, si el módulo de la velocidad de un cuerpo permanece constante, pero no se mueve siguiendo una línea recta, también hay una fuerza que lo provoca. En los movimientos con trayectorias curvas siempre hay fuerzas que inducen estos cambios de dirección.



El libro está en reposo porque la fuerza peso se anula con la fuerza normal que hace sobre él la mesa.

Las fuerzas en los movimientos rectilíneos

Movimiento rectilíneo uniforme



Las fuerzas $\vec{F}_1$ y $\vec{F}_2$ son iguales, en todo salvo el sentido, por eso en este movimiento se cumple que $\vec{a} = 0$.

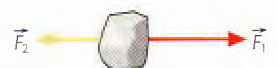
Por tanto, mientras dura el movimiento, tiene que ocurrir $\Sigma\vec{F} = 0$.

En consecuencia, en el movimiento rectilíneo uniforme la resultante de todas las fuerzas que actúan sobre el móvil en la dirección de la trayectoria (**fuerza neta**) tiene que ser nula.

$$\Sigma\vec{F} = 0 = \vec{F}_1 + \vec{F}_2 = 0$$

$$a = 0$$
$$v = \text{cte.}$$
$$x = v \cdot t$$

Movimiento rectilíneo uniformemente acelerado



Cuando las fuerzas no son iguales, hay una fuerza neta, en este caso se cumple que $\vec{a}$ = constante.

Como la masa no cambia, según el segundo principio de la dinámica, debe cumplirse que $\Sigma\vec{F}$ = constante.

Es decir, la **fuerza neta** que actúa sobre el móvil en la dirección de la trayectoria debe tener un valor constante, distinto de cero.

$$\Sigma\vec{F} = \vec{F}_1 + \vec{F}_2 = \text{cte.}$$

$$a = \text{cte.}$$
$$v = v_0 + a \cdot t$$
$$x = v_0 \cdot t + \frac{1}{2} a \cdot t^2$$

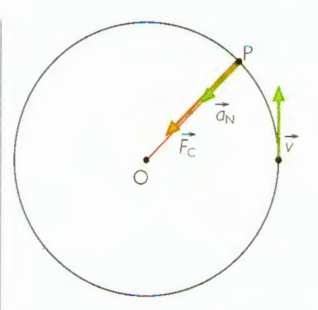
La fuerza en el movimiento circular uniforme

En los movimientos circulares uniformes hay siempre una aceleración normal o centrípeta (a_N), cuyo valor viene dado por:

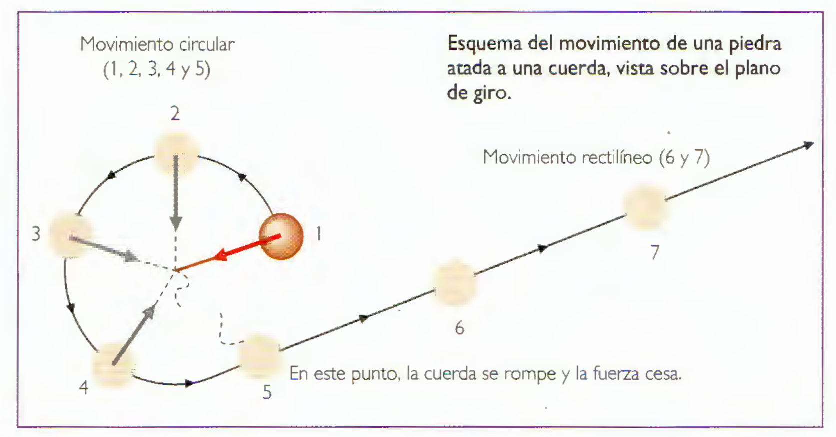
$$a_N = \frac{v^2}{r} = \omega^2 r$$

Pues bien, según el segundo principio de la dinámica, **si hay una aceleración, debe haber también una fuerza que la produzca**. Esa fuerza, dirigida hacia el centro de la trayectoria, se llama **fuerza centrípeta** o **normal** ($\vec{F}_C$) y su módulo será:

$$F_C = m \cdot a_N = m \cdot \frac{v^2}{r} = m \cdot \omega^2 \cdot r$$



En el MCU, la fuerza está dirigida hacia el centro de la trayectoria: es la **fuerza centrípeta**.



La piedra describe círculos mientras le aplicamos una fuerza por medio de la cuerda que la une a nuestra mano.

CÓMO HACER

Un coche de 1.500 kg de masa (14.700 N) está parado. Su coeficiente de rozamiento es μ = 0,05. El conductor arranca y la velocidad del coche durante los diez primeros segundos obedece a la gráfica de la derecha.

a) ¿Cuál ha sido la fuerza neta y la fuerza motriz durante ese tiempo?

b) Durante los diez segundos siguientes, el coche mantiene su velocidad constante. ¿Cuál es ahora la fuerza neta y la fuerza motriz?

c) El conductor frena y el coche se detiene en cinco segundos. Calcular la fuerza neta y la fuerza de frenado.

a) Como actúan varias fuerzas:

$\sum \vec{F} = m \cdot \vec{a} \rightarrow F_M - F_R = m \cdot a$ (en el sentido del movimiento)

Por tanto, el valor de la aceleración es:

$$a = \frac{v_F - v_0}{t} = \frac{20 \text{ m/s} - 0 \text{ m/s}}{10 \text{ s}} = 2 \text{ m/s}^2$$

Calculando la fuerza de rozamiento:

$$F_R = \mu \cdot F_{NORMAL} = 0{,}05 \cdot 14.700 = 735 \text{ N}$$

y la fuerza motriz:

$$F_M = F_R + m \cdot a = 735 + 1.500 \cdot 2 = 3.735 \text{ N}$$

podemos conocer la fuerza neta que actúa sobre el vehículo:

$$\sum F = F_M - F_R = 3.735 - 735 = 3.000 \text{ N}$$

b) Si la velocidad es constante, no hay aceleración, la fuerza resultante es nula.

$$\sum F = 0 \rightarrow F_M - F_R = 0 \rightarrow F_M = F_R = 735 \text{ N}$$

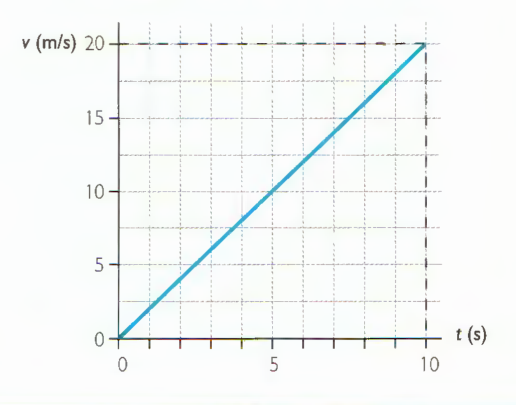
c) A partir de la aceleración (F_F = fuerza de frenado):

$$a = \frac{v_F - v_0}{t} = \frac{0 \text{ m/s} - 20 \text{ m/s}}{5 \text{ s}} = -4 \text{ m/s}^2$$

$$\sum F = -(F_F + F_R) = m \cdot a \rightarrow$$
$$\rightarrow -(F_F + F_R) = 1.500 \cdot (-4) = -6.000 \text{ N} \rightarrow$$
$$\rightarrow F_F + F_R = 6.000 \text{ N}$$

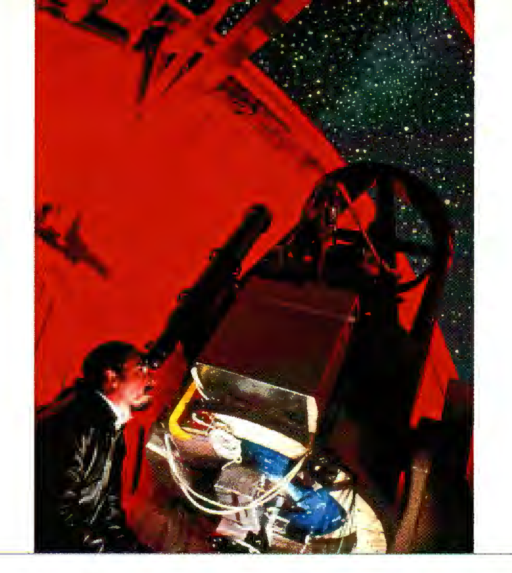
Entonces:

$$F_F = F_{Neta} - F_R = 6.000 - 735 = 5.265 \text{ N}$$



El movimiento de los planetas

Los planetas, como todos los demás cuerpos celestes, no ocupan siempre la misma posición. ¿A qué ley física obedecen sus movimientos?



¿Está la Tierra en el centro del Universo?

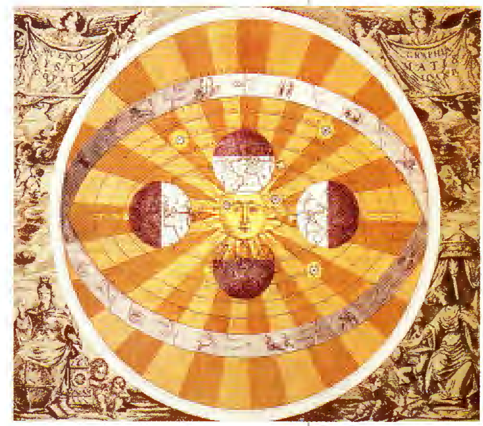
Si observamos durante un día el recorrido del Sol, ¿diríamos que este gira alrededor de la Tierra o que la Tierra gira alrededor del Sol? Ciertamente, el sentido común parece indicar que es el Sol el que se mueve y que la Tierra permanece en reposo.

Esto mismo se ha pensado durante una gran parte de la historia. En la Antigüedad se llegó a postular que la Tierra era redonda (Eratóstenes, siglo III a.C.), pero, aunque Aristarco de Samos (en el siglo III a.C.) propuso un modelo heliocéntrico, las observaciones parecían favorecer un Universo geocéntrico. Así, en el siglo I, el griego Ptolomeo ideó un **modelo geocéntrico** basado en órbitas circulares, pues pensaba que la trayectoria circular era la más perfecta. Para explicar las observaciones, Ptolomeo introdujo órbitas excéntricas, lo que restaba sencillez.

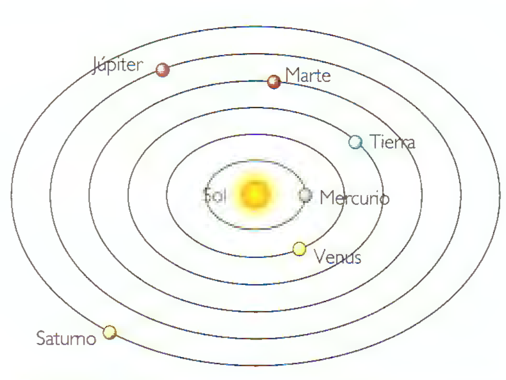
El modelo heliocéntrico de Aristarco cayó en el olvido. Era demasiado adelantado para su época. Además, Aristarco incluso midió distancias y tamaños relativos del Sol y la Luna, y llegó a formular la hipótesis de que debía ser la Tierra el astro que girase alrededor del Sol, pues el diámetro del Sol era mayor y él pensaba que el astro menor (la Tierra) debía girar alrededor del mayor (el Sol), y no al revés.

En el siglo XVI, Nicolás Copérnico retomó el modelo heliocéntrico. Parece que conocía las ideas de Aristarco, pese a que los escritos no se habían conservado. En 1543, año de su muerte, se publicó su obra cumbre, *Revoluciones sobre los cuerpos celestes*, en la que proponía un **modelo heliocéntrico**, con el Sol en el centro del Universo y los planetas girando a su alrededor.

A Copérnico le parecía muy complicado el modelo de Ptolomeo (el rey Alfonso X el Sabio dijo en el siglo XIII, a propósito del modelo de Ptolomeo, que si Dios le hubiese pedido su opinión al crear el Universo, le hubiese recomendado uno mucho más simple). Por ello trabajó en un modelo más sencillo para explicar las posiciones de los planetas. La aceptación de este modelo supuso décadas más tarde el despegue definitivo de las creencias científicas de los griegos: había comenzado la **revolución científica**.



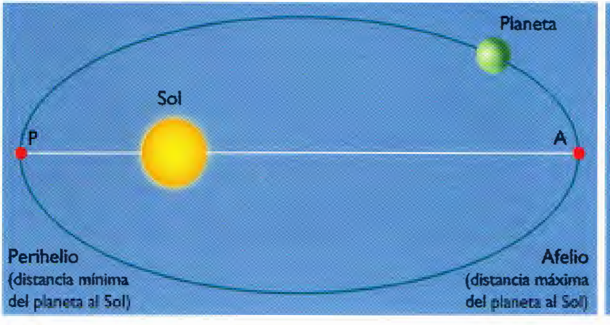
Modelo de Universo de Copérnico.



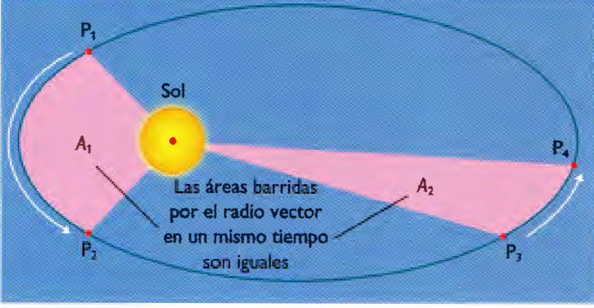
En el modelo heliocéntrico más simple posible, las órbitas de los planetas serían circulares.

Las leyes de Kepler

La **primera ley** dice cuál es la forma geométrica del camino que recorre un planeta en su movimiento de traslación alrededor del Sol.



1.ª ley: Los planetas se mueven en órbitas elípticas alrededor del Sol, el cual está situado en uno de los focos de la elipse.



2.ª ley: El segmento que une cada planeta con el Sol barre áreas iguales en tiempos iguales (velocidad areolar constante).

La **segunda ley** da información acerca de la velocidad con la que los planetas recorren sus órbitas.

La **tercera ley** es una relación entre dos números importantes para caracterizar el movimiento de cada planeta: su período, T, y la distancia media del planeta al Sol, a.

El **período** de un planeta es el tiempo que tarda en recorrer toda su trayectoria o, lo que es lo mismo, en dar una vuelta completa alrededor del Sol. La distancia media es la semisuma de las distancias máxima (afelio) y mínima (perihelio) del planeta al Sol.

Los valores del período (la duración del año terrestre) y la distancia media al Sol correspondientes a nuestro planeta son:

$$T_{\oplus} = 365{,}24 \text{ días} = 3{,}15 \cdot 10^7 \text{ s}$$

$$a_{\oplus} = 1{,}49 \cdot 10^{11} \text{ m}$$

3.ª ley: El cuadrado del período orbital de un planeta es proporcional al cubo de la distancia media del planeta al Sol:

$$\frac{T^2}{a^3} = k$$

$$k = \frac{(3{,}15 \cdot 10^7 \text{ s})^2}{(1{,}49 \cdot 10^{11} \text{ m})^3} = \frac{3{,}15^2}{1{,}49^3} \cdot 10^{14-33} \frac{\text{s}^2}{\text{m}^3} = 3 \cdot 10^{-19} \frac{\text{s}^2}{\text{m}^3}$$

La revolución galileana

A comienzos del siglo XVII, Galileo Galilei utilizó un sencillo telescopio y observó cuatro pequeños astros girando alrededor del planeta Júpiter: era la primera prueba de que había astros que no giraban alrededor de la Tierra. Además, observó fases en Venus, confirmando el modelo heliocéntrico.

La síntesis newtoniana

Ya a finales del siglo XVII, Isaac Newton estableció su famosa **ley de la gravitación universal** que explica los movimientos de los planetas (debido a fuerzas atractivas gravitatorias) y justificó de modo teórico las leyes de Kepler. Se dice que Newton, al observar la caída de una manzana del árbol por su propio peso, pensó que la misma fuerza que obligaba a caer a la manzana era responsable del movimiento de la Luna alrededor de la Tierra y, por extensión, del movimiento de los planetas.

Todo quedó entonces perfectamente cerrado. Además, con su ley de gravitación universal, Newton predijo la trayectoria de cometas como el *Halley*.

El telescopio

Sin duda alguna, los avances ocurridos en astronomía durante los siglos XVII y XVIII se debieron fundamentalmente a la utilización de telescopios. Galileo utilizó un telescopio refractor, construido con varias lentes, para observar las manchas en el Sol, las montañas de la Luna, los satélites de Júpiter y las estrellas individuales que forman parte de la Vía Láctea.

Newton, por su parte, desarrolló un telescopio reflector, elaborado con espejos y lentes.



Telescopio reflector de aficionado.

El Universo actual

La gravitación es la fuerza responsable de la evolución y de la estructura del Universo, que se encuentra en expansión, desde la Gran Explosión (teoría del *Big Bang*).

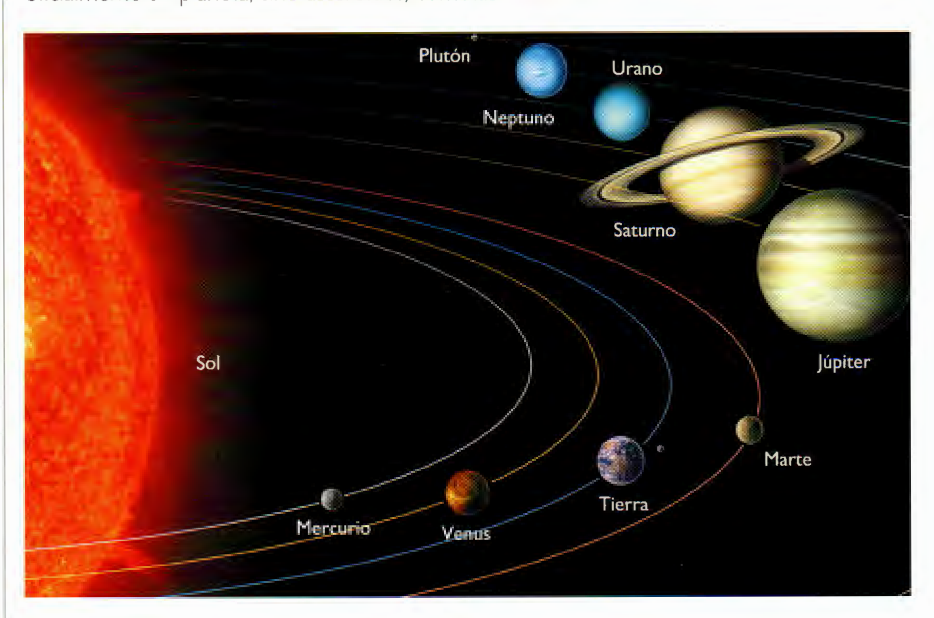


Galaxia espiral.

El Sistema Solar

Tras los descubrimientos de Galileo y Newton, y gracias a la aparición de nuevos instrumentos y técnicas de observación, los hallazgos en astronomía se sucedieron a un ritmo vertiginoso. En 1781, F. W. Herschel descubrió **Urano**.

Después, en 1846, J. J. Leverrier descubrió **Neptuno** y, ya en el siglo XX (1930), C. Tombaugh descubrió **Plutón**. Después se han hallado nuevos astros en el Sistema Solar, algunos de dimensiones parecidas a las de Plutón, aunque a ninguno se lo considera oficialmente un planeta, sino asteroides, cometas…



Además, desde la década de 1990 se han descubierto planetas girando alrededor de otras estrellas diferentes al Sol. A comienzos de 2011 se conocían más de 500 **planetas extrasolares**. Estos planetas no se han descubierto mayormente con observaciones directas (pues el brillo de la estrella suele enmascarar los planetas), sino que se ha deducido su existencia a partir de diferentes técnicas, como las que evalúan el movimiento de la estrella alrededor de la que giran.

Los planetas extrasolares

Uno de los campos en los que avanza la astronomía es el de la observación de estos astros, con el objetivo de analizar las sustancias presentes en sus atmósferas (en los casos en los que exista atmósfera).

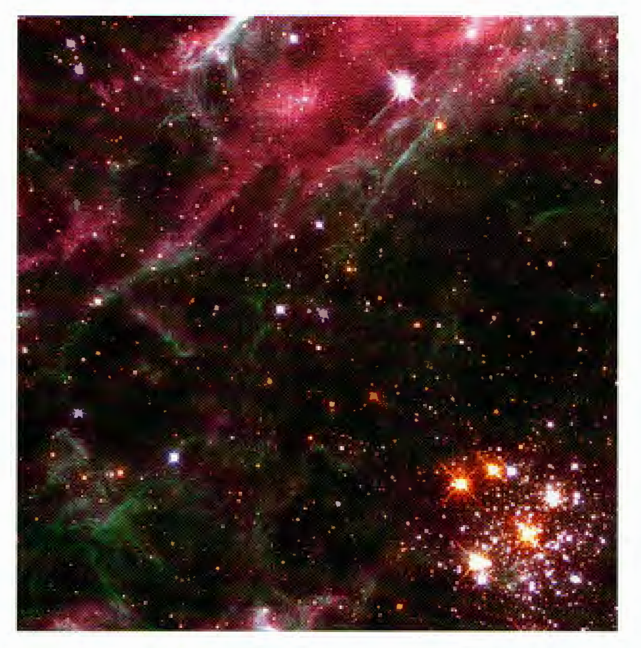
De esta manera seremos capaces de detectar sustancias que pueden darnos pistas sobre la existencia de vida fuera de la Tierra.

Las estrellas

Las estrellas se encuentran a enormes distancias. Por eso las vemos como puntos de luz, aunque las observemos con un telescopio.

- En el siglo I, Ptolomeo ideó un sistema de clasificación basado en el **brillo**: a las estrellas más brillantes les correspondía una magnitud 1, y a las menos brillantes a simple vista, una magnitud 6.
- En función del **tamaño**, clasificamos las estrellas en gigantes, medianas, pequeñas, enanas...
- En función de la **temperatura superficial**, hablamos de estrellas azules, amarillas, rojas... Las más calientes son azules, y las menos calientes son rojas.

Las estrellas no aparecen aisladas en el cielo. Generalmente forman parte de sistemas dobles, triples o con más componentes. En estos casos, unas estrellas orbitan alrededor de las otras. Y también existen agrupaciones más numerosas de estrellas: son los **cúmulos abiertos** y los **cúmulos globulares**.



Grupo de estrellas Hodge 301 (abajo, a la derecha) en la nebulosa Tarántula.

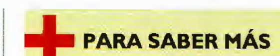
El Universo

Las estrellas o grupos de estrellas no aparecen solos en el espacio, sino que forman, junto con gases y polvo, las galaxias. Nuestro sistema solar se halla en la **Vía Láctea**. Es una galaxia espiral, con forma de disco algo abultado por el centro, del que parten brazos en espiral. Está formada por cientos de miles de millones de estrellas.

Se estima que en el Universo hay unos 100.000 millones de galaxias. Las distancias entre las galaxias son enormes: varios millones de años luz. Por eso se llaman **universos-isla**. Las galaxias no se encuentran distribuidas uniformemente por el Universo: forman grandes estructuras a lo largo de millones y millones de años luz, con grandes vacíos entre ellas.

En 1927, E. Hubble descubrió que casi todas las galaxias observadas se están alejando de la nuestra. Además, tanto él como G. Lemaître dedujeron que las galaxias más lejanas se alejan a una mayor velocidad.

El Universo se encuentra, pues, en expansión. Es como si todas las galaxias procediesen de una Gran Explosión (*Big Bang*). Observaciones del año 2004 indican que esta explosión inicial se produjo hace unos 13.700 millones de años. La ley que describe el movimiento de separación de las galaxias en el Universo, ley de Hubble, se enunció en 1929.



El año luz

Las distancias manejadas en astronomía son muy grandes. Si utilizamos las unidades de longitud cotidianas, como el metro o el kilómetro, los números que necesitamos son enormes. Por eso se utilizan unidades alternativas, como el año luz. Un año luz equivale a la distancia recorrida por la luz en un año, ¡unos 9,5 billones de kilómetros!

La radioastronomía

Con un telescopio observamos la luz que emiten los astros. Pero también podemos obtener información mirando el cielo con radiotelescopios.

Los radiotelescopios son enormes antenas capaces de formar imágenes a partir de los datos obtenidos de planetas, estrellas, galaxias o el polvo interestelar.

El radiotelescopio se utiliza para detectar una parte de la radiación electromagnética: ondas radioeléctricas (de longitud de onda mucho más larga que la visible), emitidas por las estrellas y galaxias. Otra parte de la radiación que emiten es absorbida por la atmósfera.

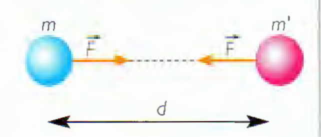
Un radiotelescopio funciona de forma semejante a un telescopio óptico reflector. Una superficie curva está recubierta de una fina lámina de metal que refleja la radiación sobre un foco. En el foco hay una antena corta en la que se genera una pequeña corriente eléctrica, que es posteriormente amplificada para producir una señal en una pantalla.



Radiotelescopio.

La ley de la gravitación universal

La fuerza gravitatoria es una de las cuatro interacciones básicas que existen en la naturaleza. Es responsable, por ejemplo, de que la Tierra gire alrededor del Sol y de la caída libre de los objetos.



Dos masas cualesquiera del Universo se atraen con una fuerza que disminuye con la distancia que las separa.

Ley de la gravitación universal

Todos los cuerpos del Universo se atraen mutuamente con una fuerza (F) que es directamente proporcional al producto de sus masas (m_1, m_2) e inversamente proporcional al cuadrado de la distancia (d) que los separa.

$$F = G \cdot \frac{m_1 \cdot m_2}{d^2}$$

La fuerza se produce siempre entre dos cuerpos (atracción gravitatoria), pero muchas veces, por su pequeño valor no se manifiesta.

G es la **constante de la gravitación universal**. Es independiente del medio, y vale:

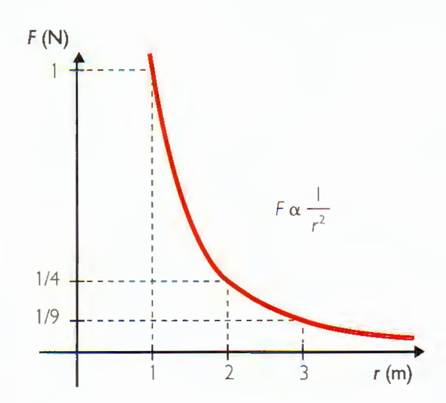
$$G = 6{,}67 \cdot 10^{-11} \, \frac{\text{N} \cdot \text{m}^2}{\text{kg}^2}$$



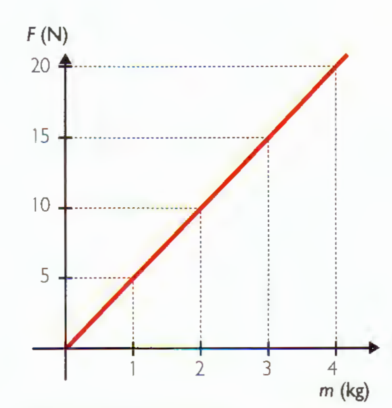
En la Luna, los cuerpos tardan más en caer y pesan menos que en la Tierra.

Este valor tan pequeño es responsable de la reducida intensidad de esta fuerza cuando se compara con el resto de interacciones (para dos protones, por ejemplo, la fuerza eléctrica es 10^{36} veces más intensa).

La ley es universal porque afecta a todos los cuerpos con masa. Antes de su formulación se creía que la interacción entre cuerpos celestes era diferente de la interacción entre cuerpos terrestres.



Fuerza gravitatoria en función de la distancia que separa dos masas.
La intensidad de la fuerza gravitatoria es inversamente proporcional al cuadrado de la distancia.



Fuerza gravitatoria sobre una masa *m*.
Si fijamos una de las masas, la intensidad de la fuerza gravitatoria depende linealmente de la otra masa.

La gravitación universal y la tercera ley de Newton

Teniendo en cuenta la tercera ley de Newton, la masa m_1 también será atraída por la masa m_2 con una fuerza de igual intensidad, aplicada en la misma dirección y con sentido opuesto. Aunque las fuerzas tienen el mismo módulo y dirección, y sentidos opuestos, no se compensan entre sí porque **están aplicadas sobre cuerpos distintos.**

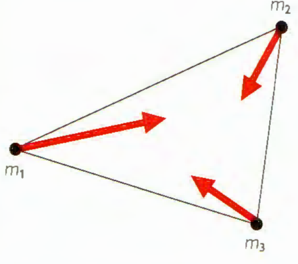
La intensidad de la fuerza gravitatoria depende linealmente de la masa de cada uno de los cuerpos: si duplicamos la masa de uno de los cuerpos, el valor de la fuerza gravitatoria se multiplica por dos; si triplicamos la masa, la fuerza se multiplica por tres; etc.

Dado el ínfimo valor de la constante G, es necesario que al menos la masa de uno de los dos cuerpos que interaccionan sea enorme para que podamos observar sus efectos.

La Tierra, sobre la que vivimos, tiene una masa suficientemente grande como para que percibamos en nuestro entorno los efectos de la gravitación. Todos los objetos a su alrededor, mucho menos masivos que ella, caen hacia la superficie de la Tierra, atraídos por nuestro planeta.

La ley de superposición

Pensemos en un sistema formado por tres cuerpos. La ley de la gravitación universal nos dice que cada uno atrae a los otros dos y es atraído por ellos. ¿Cuál es el efecto global de la gravitación sobre cada uno de los tres cuerpos? La respuesta es sencilla. La fuerza total que se ejerce sobre, por ejemplo, el cuerpo 1 es la suma vectorial de la fuerza que el cuerpo 2 ejercería sobre el 1 si el 3 no estuviera presente y de la fuerza que el cuerpo 3 ejercería sobre el 1 si el 2 no estuviera.



Fuerzas gravitatorias que se ejercen mutuamente tres cuerpos.

La fuerza gravitatoria que un cuerpo ejerce sobre otro no se modifica por la presencia de un tercero. Este hecho fundamental se conoce como ley de superposición de las fuerzas gravitatorias.



CÓMO HACER

- **Calcular la fuerza atractiva entre dos alumnos de 60 kg y 50 kg de masa separados a 1 m de distancia. Valorar el resultado.**

$$F = G \cdot \frac{m_1 \cdot m_2}{d^2} = 6{,}67 \cdot 10^{-11}\ \frac{\text{N} \cdot \text{m}^2}{\text{kg}^2} \cdot \frac{60\ \text{kg} \cdot 50\ \text{kg}}{1^2\ \text{m}^2} = 2 \cdot 10^{-7}\ \text{N}$$

Esa fuerza es muy pequeña, inapreciable. Es mucho menor que la fuerza de rozamiento de cada alumno con el suelo, así que ambos alumnos permanecerán inmóviles.

- **Calcular la fuerza gravitatoria de atracción entre el Sol y la Tierra. Comparar las aceleraciones sufridas por cada astro.** Datos:

$$M_{\text{Sol}} = 2 \cdot 10^{30}\ \text{kg};\ M_{\text{Tierra}} = 6 \cdot 10^{24}\ \text{kg};\ r_{\text{Sol-Tierra}} = 150 \cdot 10^6\ \text{km}$$

Usamos la ley de la gravitación universal (con unidades del SI).

$$F = G \cdot \frac{M_{\text{Sol}} \cdot M_{\text{Tierra}}}{r^2_{\text{Sol-Tierra}}} = 6{,}67 \cdot 10^{-11} \cdot \frac{2 \cdot 10^{30} \cdot 6 \cdot 10^{24}}{(1{,}5 \cdot 10^{11})^2} = 3{,}6 \cdot 10^{22}\ \text{N}$$

La fuerza de atracción entre el Sol y la Tierra es enorme debido a las grandes masas de los astros. Ahora calculamos las aceleraciones:

$$F_{\text{Sol}} = M_{\text{Sol}} \cdot a_{\text{Sol}} \rightarrow a_{\text{Sol}} = \frac{F_{\text{Sol}}}{M_{\text{Sol}}} = \frac{3{,}6 \cdot 10^{22}}{2 \cdot 10^{30}} = 1{,}8 \cdot 10^{-8}\ \text{m/s}^2$$

$$F_{\text{Tierra}} = M_{\text{Tierra}} \cdot a_{\text{Tierra}} \rightarrow a_{\text{Tierra}} = \frac{F_{\text{Tierra}}}{M_{\text{Tierra}}} = \frac{3{,}6 \cdot 10^{22}}{6 \cdot 10^{24}} = 6 \cdot 10^{-3}\ \text{m/s}^2$$

Así, la aceleración sufrida por el Sol es mucho menor que la que experimenta la Tierra.

? SABÍAS QUE...

La velocidad mínima que debe adquirir un móvil lanzado desde la superficie en dirección opuesta a la fuerza de atracción a que está sometido para escapar del cuerpo que la atrae se denomina velocidad de escape.

Planeta	Velocidad de escape (m/s)
Mercurio	$4{,}2 \cdot 10^3$
Venus	$10{,}4 \cdot 10^3$
Tierra	$\mathbf{11{,}2 \cdot 10^3}$
Marte	$5{,}1 \cdot 10^3$
Júpiter	$61 \cdot 10^3$
Saturno	$36{,}7 \cdot 10^3$
Urano	$22 \cdot 10^3$
Neptuno	$24 \cdot 10^3$

Satélites terrestres

La palabra satélite significa astro que gira en torno a un planeta , y lo hace en virtud de la ley de la gravitación universal de Newton.



Imagen de la Tierra y la Luna tomada por la sonda espacial *Galileo* en 1992.



La Tierra y la Luna forman un sistema satelitario cuya distancia media, entre ambos cuerpos, es de 384.000 km, lo cual significa que la luz tarda poco más de un segundo en recorrerla.

La Luna

La Luna es el único satélite natural que tiene la Tierra.

El radio de la Luna es igual a 3/11 del radio de la Tierra; es decir, aproximadamente 1.737 km, mientras que su densidad es inferior a la de nuestro planeta.

La influencia de la Luna: las mareas

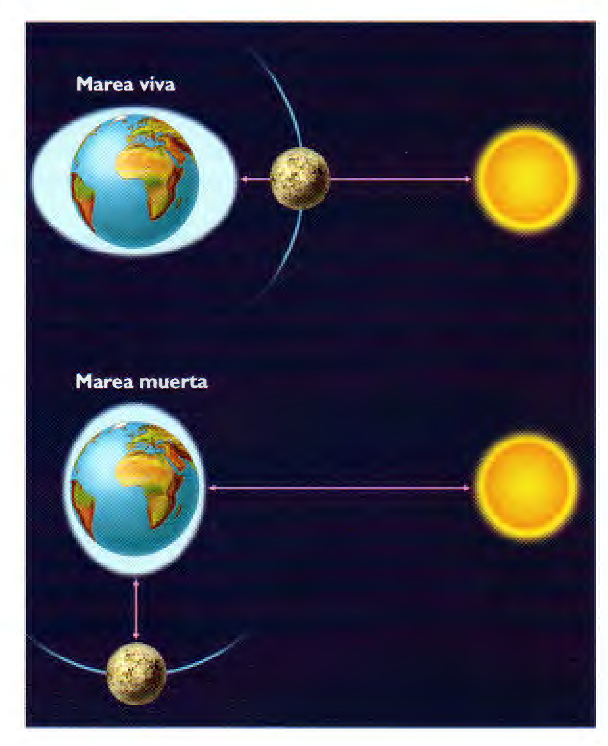


La fuerte atracción gravitatoria que la Luna ejerce sobre la Tierra da lugar al fenómeno de las **mareas**, que consiste en un «alargamiento» de la Tierra en la dirección del eje Tierra-Luna. Este alargamiento, que solo es perceptible en los océanos, es debido a que la fuerza ejercida por la Luna sobre el lado más cercano es mayor que la ejercida sobre el lado más alejado.

Las mareas provocadas por el Sol influyen en las mareas ocasionadas por la Luna aumentándolas o disminuyéndolas. Cuando el Sol, la Luna y la Tierra están alineados (con la Tierra en medio o la Luna en medio), las mareas sobre la Tierra se suman. Sin embargo, cuando los tres astros forman un ángulo recto, los efectos de marea se amortiguan.

En el primer caso se habla de **mareas vivas**, y en el segundo caso, de **mareas muertas**.

También influye en la intensidad de las mareas la distancia a la que se encuentre el Sol o la Luna.



Satélites artificiales: la conquista del espacio

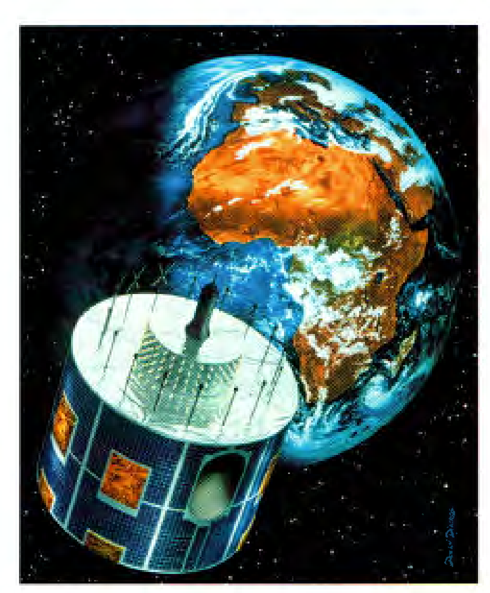
Para poner en órbita un satélite artificial, primero se eleva a cierta altura y luego se impulsa con una velocidad horizontal adecuada. Si la velocidad es menor que este valor, el satélite caerá a la Tierra y, si es mayor, escapará de la atracción terrestre sin orbitar alrededor de nuestro planeta.
El uso de estos satélites es muy variado: comunicaciones, meteorológicos, científicos, prevención de riesgos sísmicos o incendios forestales, estudios sobre el clima, espías...

Satélites de comunicaciones. Un satélite representa la posibilidad de poner en contacto dos regiones alejadas del planeta. Hacen posible, por ejemplo, las retransmisiones en directo de imágenes que se están produciendo en otro continente.



Satélite de comunicaciones *Acts*.

Satélites meteorológicos. Las imágenes obtenidas por estos satélites se utilizan a diario para predecir el tiempo. También permiten observar la formación de huracanes y avisar en algunos casos a la población de la región afectada con una antelación que posibilite el desalojo.



Satélite *Meteosat* alrededor de la Tierra.

Satélites científicos. Abren una nueva ventana al cosmos, pues son capaces de captar radiaciones que no llegan a la superficie terrestre debido a la absorción atmosférica.



Telescopio espacial *Hubble*.

Satélites militares. Algunos, como los que forman el sistema GPS, tienen aplicaciones civiles importantes.



PARA SABER MÁS

Satélites geoestacionarios y basura espacial

El período de revolución de un satélite depende de la altura a la que se encuentra su órbita. Los períodos más cortos corresponden a órbitas más bajas y a una mayor velocidad orbital del satélite.



En las órbitas geoestacionarias (a 36.000 km de altitud), el período de revolución del satélite es de 24 horas, coincidiendo con el período de rotación de la Tierra. Esto significa que estos satélites permanecen fijos sobre un punto de la superficie terrestre y pueden actuar a modo de repetidores. A finales de 2000 había unos 350 satélites geoestacionarios.

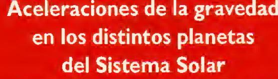
Uno de los problemas que se añaden a la saturación del espacio geoestacionario es que no todos los satélites inactivos se sacan de dicha órbita, creando la «basura espacial», lo que dificulta aún más las órbitas de los nuevos satélites por el posible riesgo de colisiones.

El peso de los cuerpos

La atracción gravitatoria terrestre hace que los cuerpos tengan distinto peso, pero les imprime a todos la misma aceleración.



El castillo de los Pirineos (René Magritte, 1898-1967).



Aceleraciones de la gravedad en los distintos planetas del Sistema Solar

Planeta	Gravedad (m/s^2)	Valor relativo respecto a la Tierra
Mercurio	3,70	0,377
Venus	8,85	0,902
Tierra	9,81	1
Luna	1,62	0,165
Marte	3,72	0,379
Júpiter	24,78	2,52
Saturno	10,44	1,06
Urano	8,86	0,903
Neptuno	11,07	1,128
Plutón	0,64	0,065

La aceleración de la gravedad

A partir de la ley de la gravitación universal podemos conocer la fuerza con que la Tierra atrae a un cuerpo de masa m situado en su superficie.

$$F = G \cdot \frac{M_T \cdot m}{R_T^2}$$

G es la constante de gravitación universal, y vale $6{,}67 \cdot 10^{-11}\ N \cdot m^2/kg^2$. M_T es la masa de la Tierra, y vale $5{,}98 \cdot 10^{24}$ kg. R_T es el radio de la Tierra, y vale 6.370 km.

Si igualamos esta expresión a la segunda ley de Newton, queda:

$$F = G \cdot \frac{M_T \cdot m}{R_T^2} = m \cdot a \rightarrow G \cdot \frac{M_T}{R_T^2} = a$$

A esta aceleración se la suele representar normalmente con la letra $\vec{g}$ y se la llama **aceleración de la gravedad terrestre**. Su valor es:

$$g = G \cdot \frac{M_T}{R_T^2} = 6{,}67 \cdot 10^{-11} \cdot \frac{5{,}98 \cdot 10^{24}}{(6{,}37 \cdot 10^6)^2} \rightarrow \mathbf{g = 9{,}8\ m/s^2 = 9{,}8\ N/kg}$$

Este valor es **constante** para los cuerpos situados en las cercanías de la superficie terrestre, independientemente de su masa. Es decir, **los cuerpos con distinta masa sufren la misma aceleración de la gravedad**. Las diferencias que pueden observarse cotidianamente se deben a otro factor: el rozamiento con el aire.

CÓMO HACER

Calcular la fuerza de atracción que ejerce la Tierra sobre una manzana de 230 g. ¿Cuál es la fuerza que ejerce la manzana sobre la Tierra? ¿Por qué la manzana cae y la Tierra no se mueve?

Datos: $G = 6{,}67 \cdot 10^{-11}\ N \cdot m^2/kg^2$; $M_T = 5{,}9 \cdot 10^{24}$ kg; $R_T = 6{,}4 \cdot 10^6$ m.

Para resolver este tipo de problemas aplicaremos la ley de la gravitación universal.

$$F = G \cdot \frac{M \cdot m}{r^2} = 6{,}67 \cdot 10^{-11} \cdot \frac{5{,}9 \cdot 10^{24} \cdot 0{,}23}{(6{,}4 \cdot 10^6)^2} = 2{,}2\ N$$

La fuerza que ejercería la manzana sobre la Tierra sería, de acuerdo con la tercera ley de Newton, igual y de sentido contrario a la calculada anteriormente.

El hecho de que veamos caer la manzana y no notemos moverse la Tierra es debido a la gran diferencia que hay entre sus masas. Si calculáramos la aceleración con que se movería la Tierra ($a = F/m$), resultaría un número completamente despreciable.

La masa y el peso

La masa es la cantidad de materia que tiene un cuerpo y el peso es la fuerza con que la Tierra lo atrae, es decir, **la fuerza gravitatoria que la Tierra ejerce sobre un cuerpo**. La masa se mide en kilogramos (kg), y el peso, en newtons (N), siempre en el Sistema Internacional de unidades.

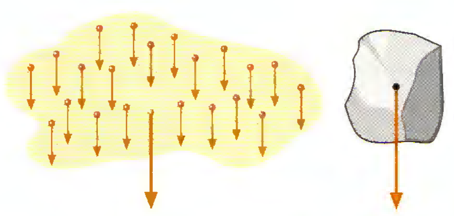
La expresión usada para calcular el peso (*P*) de un objeto de masa *m* situado en las inmediaciones de la superficie terrestre es:

$$\vec{P} = m \cdot \vec{g}$$

La masa es una propiedad intrínseca de un cuerpo que no varía cuando lo desplazamos. El peso, sin embargo, sí que puede variar.

Como el peso es una fuerza, tiene los cuatro elementos característicos de una magnitud vectorial: punto de aplicación, dirección, sentido y módulo.

- **Punto de aplicación.** Es un punto que se llama **centro de gravedad** (cdg). Sobre él se aplica la resultante de todas las pequeñas fuerzas-peso que actúan sobre las partículas de un cuerpo.



En los sólidos homogéneos y regulares, el **centro de gravedad** coincide con su centro geométrico. En los cuerpos irregulares o heterogéneos hay que localizar experimentalmente el centro de gravedad (cdg).

- **Dirección.** Es la línea que une el centro de gravedad (cdg) con el centro de la Tierra. Esta línea se llama vertical.
- **Sentido.** El sentido de la fuerza-peso es siempre hacia el centro de la Tierra.

Situación	g (N/kg)
Polos (nivel del mar)	9,83
45° de latitud (nivel del mar)	9,81
Ecuador (nivel del mar)	9,78
45° de latitud (1.000 m de altura)	9,80
Buenos Aires (34° de latitud, a nivel del mar)	9,79

Algunos valores de *g* en la Tierra (N/kg). Como la Tierra está algo achatada por los polos, el valor de *g* es más alto en las regiones polares.

	Masa	Peso
Definición	Cantidad de materia	Fuerza de atracción de la Tierra
Unidad (SI)	kilogramo	Newton
¿Es una propiedad característica de un cuerpo?	Sí	No
¿Con qué aparato se mide?	Balanza	Dinamómetro
¿Es una magnitud escalar o vectorial?	Escalar	Vectorial

- **Módulo.** El módulo o intensidad de la fuerza peso es:

$$P = m \cdot g$$

siendo $g = 9{,}8$ N/kg en la superficie terrestre.

A medida que nos alejamos de la superficie terrestre, el valor de *g* disminuye.

Observa que para medir *P* en newtons (N), la masa tiene que venir medida en kilogramos (kg), y *g*, en N/kg.

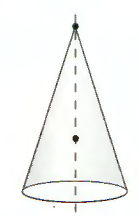
Equilibrio estático

Si dejamos sobre la mesa un libro, un vaso, una caja de zapatos, etc., permanecen ahí, sin moverse, todo el tiempo que deseemos, a menos que se aplique una fuerza sobre ellos. Decimos que están en **equilibrio estático**.

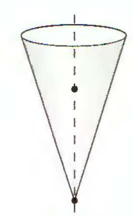
No sucede lo mismo con un lápiz colocado verticalmente. Al soltarlo, cae sobre la mesa. No está en equilibrio.

La condición para que un cuerpo apoyado sobre una superficie horizontal permanezca **en equilibrio** es que la vertical que pasa por su centro de gravedad pase también por su base de sustentación (la menor superficie que encierra todos los puntos de apoyo de un cuerpo).

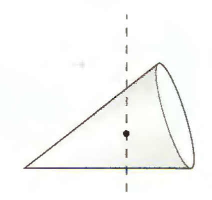
Tipos de equilibrio



Equilibrio **estable.** Si separamos un poco el cono de la posición en que se encuentra, al soltarlo regresaría a ella: equilibrio estable.



Equilibrio **inestable.** Si separamos un poco el cono de la posición en que se encuentra, al soltarlo se separaría aún más de ella: equilibrio inestable.



Equilibrio **indiferente.** Si separamos un poco el cono de la posición en que se encuentra, permanecería en equilibrio en la nueva posición: equilibrio indiferente.

La presión

La hidrostática es la parte de la física que estudia los líquidos en reposo, y la hidrodinámica los líquidos en movimiento. La aerostática estudia el equilibrio de los gases.


Los líquidos son tan fácilmente deformables que adoptan rápidamente la forma del recipiente que los contiene.

Los fluidos

Reciben el nombre de fluidos aquellos cuerpos que tienen la propiedad de adaptarse a la forma del recipiente que los contiene. A esta propiedad se le da el nombre de **fluidez**. Los líquidos y los gases son fluidos.

Una de las diferencias entre los líquidos y los gases es que los gases no tienen un volumen constante, sino que se expanden hasta ocupar todo el volumen del recipiente en el que están contenidos.
A esta propiedad de los gases se la llama **expansibilidad**.

Se puede decir que los gases son **compresibles**; es decir, que en determinadas condiciones su volumen puede variar sin disminuir su masa.

Definimos **compresibilidad** como la capacidad que tiene un fluido para disminuir el volumen que ocupa al ser sometido a la acción de fuerzas.

Los líquidos se parecen a los sólidos en que sus partículas están muy próximas entre sí, a diferencia de lo que ocurre en los gases; por tanto, no es fácil reducir el volumen de un líquido. Esta propiedad se llama **incompresibilidad**.

Los líquidos y gases tienen como rasgo común la **fluidez** o **movilidad**, propiedad por la cual las partículas que los constituyen pueden deslizarse unas sobre otras.

Definimos **viscosidad** como la mayor o menor dificultad para el deslizamiento entre las partículas de un fluido.

¿Qué es la presión?

El efecto que las fuerzas ejercen sobre los cuerpos que las soportan puede medirse mediante una magnitud que se llama **presión** (*p*).

La presión es el cociente entre el valor de la fuerza (F) y la superficie (S) sobre la que se aplica:

$$p = \frac{F}{S}$$


Un esquiador no se hunde en la nieve porque la superficie sobre la que descansa su peso (los esquíes) es mayor que la de sus botas.

Unidades de presión

En el Sistema Internacional, la presión se mide en N/m^2, unidad que recibe el nombre de **pascal (Pa)**. El pascal es una unidad muy pequeña, por lo que suelen utilizarse otras mayores, como el **bar**: 1 bar = 10^5 Pa, o la **atmósfera (atm)**: 1 atm = 101.325 Pa.

Observa que la presión depende de dos factores:

- La **fuerza** aplicada (F). Cuanto mayor sea esta fuerza, mayor es la presión y más intenso es el efecto sobre el cuerpo que la recibe.
- La **superficie** (S) sobre la que se aplica la fuerza. Cuanto menor sea esa superficie, mayor es la presión y, por tanto, mayor es el efecto de la fuerza ejercida.

Presiones aproximadas en pascales (N/m^2)	
Libro colocado sobre una mesa	100
Persona adulta sobre el suelo	20.000
Atmósfera sobre el suelo	100.000
Rueda de coche	200.000
Procesos industriales de «alta presión»	$5 \cdot 10^7$
Explosión de TNT	$3 \cdot 10^{10}$
Centro de la Tierra	$3 \cdot 10^{11}$
Bomba atómica	10^{18}

La densidad y el peso específico

La **densidad (d)** es la relación entre la masa y el volumen.

Se obtiene dividiendo una masa (m) conocida de la sustancia entre el volumen (V) que ocupa.

$$d = \frac{m}{V}$$

En el SI, la unidad de densidad es el **kg/m^3**. También se usa el g/cm^3:

$$1 \text{ g/cm}^3 = 10^{-3} \text{ kg}/10^{-6} \text{ m}^3 = 10^3 \text{ kg/m}^3$$

El **peso específico** (P_e) de una sustancia es el peso de la unidad de volumen. Se obtiene dividiendo el peso (P) entre el volumen (V) que ocupa.

$$P_e = \frac{P}{V}$$

En el SI, la unidad de peso específico es el **N/m^3**.

Peso específico y densidad son magnitudes distintas. Como ya sabemos, el peso de un cuerpo es igual a su masa por la aceleración de la gravedad: $P = m \cdot g$. Por tanto:

$$P_e = \frac{P}{V} = \frac{m \cdot g}{V} = \frac{m}{V} \cdot g = d \cdot g \rightarrow P_e = d \cdot g$$

Tabla de densidades y pesos específicos de algunas sustancias

Sustancia	Peso específico (N/m^3)	Densidad (kg/m^3)
Agua	9.800	1.000
Alcohol etílico	7.762	792
Vidrio	24.500	2.500
Aluminio	26.460	2.700
Hierro	77.028	7.860
Plomo	111.230	11.350
Mercurio	133.280	13.600
Platino	210.700	21.500

CÓMO HACER

Un individuo que pesa 600 N aplica sobre la pared una fuerza de 100 N. La superficie de su mano es de 160 cm^2 (0,016 m^2) y la de cada uno de sus pies es de 200 cm^2 (0,02 m^2).

a) ¿Qué presión ejerce sobre la pared con la mano?

b) ¿Qué presión ejerce sobre el suelo con sus pies?

a) Basta con dividir la fuerza ejercida entre la superficie de la mano:

$$p = \frac{F}{S} = \frac{100 \text{ N}}{0{,}016 \text{ m}^2} = 6.250 \text{ Pa}$$

b) Ahora la fuerza ejercida es su propio peso:

$$p = \frac{F}{S} = \frac{600 \text{ N}}{0{,}04 \text{ m}^2} = 15.000 \text{ Pa}$$

La presión hidrostática

Los líquidos no reciben presiones únicamente del exterior. También el propio líquido pesa, y esa fuerza peso va siendo mayor a medida que la profundidad medida desde la superficie libre del líquido aumenta.



En las grandes profundidades submarinas, la presión hidrostática alcanza valores enormes ($5 \cdot 10^7$ Pa a 5.000 m de profundidad), lo que hace muy difícil acceder a ellas.

Ecuación fundamental de la hidrostática

La presión hidrostática es la presión que se ejerce en el interior de un líquido, como consecuencia de su propio peso.

La presión hidrostática (p) que soporta un punto de un líquido es directamente proporcional al valor de la gravedad (g), a la densidad (d) del líquido y a la profundidad (h) a la que se encuentra.

$$p = d \cdot g \cdot h$$

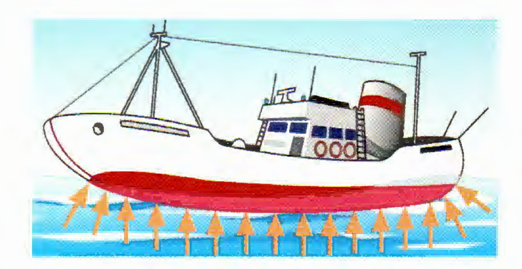
Cualquier punto de un líquido soporta una presión que depende de la altura de la columna de líquido que queda por encima.

Podemos observar que:

1.ª Todos los puntos de la superficie libre de un líquido están a la misma altura y, por tanto, la superficie es plana y horizontal.

2.ª Todos los puntos situados a igual profundidad de la superficie libre de un líquido, o sea, los situados en el mismo plano horizontal, tienen la misma presión.

3.ª De la ecuación $P = d \cdot g \cdot h$ se deduce que la presión aumenta con h; es decir, con la profundidad.



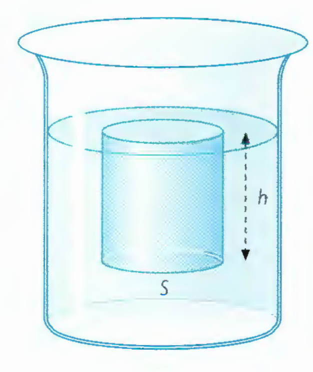
Los líquidos ejercen fuerzas perpendiculares a la superficie de los objetos sumergidos.

La fuerza que soporta el fondo

La presión sobre el fondo de un cilindro de líquido solo depende de la densidad y de la altura del líquido que queda por encima. La fuerza total soportada por el fondo de superficie S y que está soportando una presión hidrostática p es:

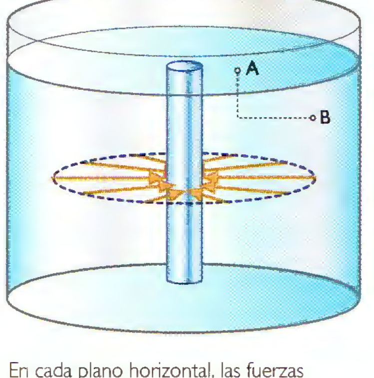
$$F = p \cdot S = d \cdot g \cdot h \cdot S$$

siendo d la densidad del líquido y h la distancia del fondo a la superficie.



La presión sobre las paredes

La presión sobre las paredes de un cilindro de líquido viene dada por la fórmula $p = d \cdot g \cdot h$, siendo h la distancia que hay desde el punto de la pared al nivel libre del líquido. Esta presión genera movimiento del líquido porque, al ejercerse en todas direcciones, se contrarresta.



En cada plano horizontal, las fuerzas se pueden agrupar por parejas que se anulan entre sí. La diferencia de presión entre dos puntos A y B solamente depende de la distancia vertical entre ellos.

Vasos comunicantes

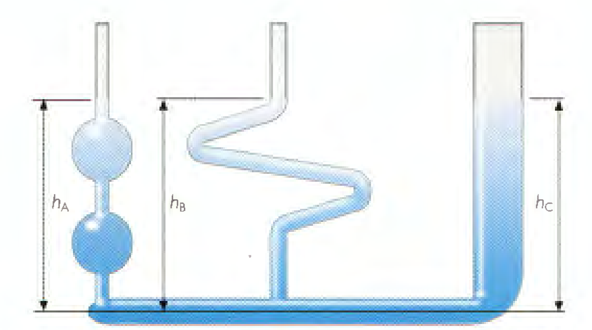
Los vasos comunicantes son unos recipientes abiertos unidos entre sí de forma que, al echar líquido en uno cualquiera de ellos, puede pasar a los demás.

Al poner en los vasos comunicantes un líquido, este alcanza en todos ellos la misma altura.

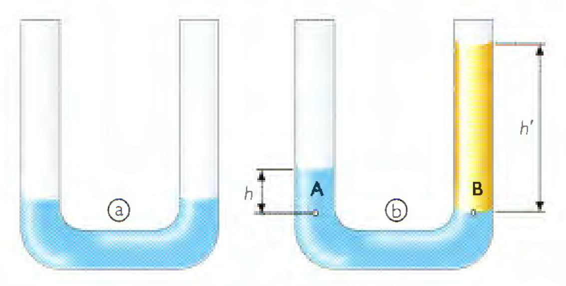
$$\left.\begin{array}{l} p_A = d \cdot g \cdot h_A \\ p_B = d \cdot g \cdot h_B \\ p_C = d \cdot g \cdot h_C \end{array}\right\} \rightarrow d \cdot g \cdot h_A = d \cdot g \cdot h_B = d \cdot g \cdot h_C \rightarrow \boxed{h_A = h_B = h_C}$$

Si se trata de vasos comunicantes con **dos líquidos de distinta densidad** y no miscibles entre sí, las alturas alcanzadas a partir de la superficie de separación de los dos líquidos son inversamente proporcionales a las densidades respectivas.

$$\left.\begin{array}{l} p_A = d \cdot g \cdot h \\ p_B = d' \cdot g \cdot h' \end{array}\right\} \rightarrow d \cdot g \cdot h = d' \cdot g \cdot h' \rightarrow \boxed{\frac{d}{d'} = \frac{h'}{h}}$$



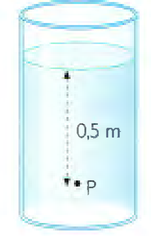
Vasos comunicantes ocupados por un solo líquido.



Vasos comunicantes con dos líquidos de distinta densidad.

CÓMO HACER

- **Calcular la presión que soporta el punto P del dibujo suponiendo que:**
  - **a) El líquido es agua (d = 1 g/cm³ = 1.000 kg/m³).**
  - **b) El líquido es mercurio (d = 13,6 g/cm³ = 13.600 kg/m³).**



a) $p = 1.000\ \text{kg/m}^3 \cdot 9{,}8\ \text{N/kg} \cdot 0{,}5\ \text{m} = 4.900\ \text{N/m}^2 = 4.900\ \text{Pa}$

b) $p = 13.600\ \text{kg/m}^3 \cdot 9{,}8\ \text{N/kg} \cdot 0{,}5\ \text{m} = 66.640\ \text{N/m}^2 = 66.640\ \text{Pa}$

- **Hallar la diferencia de presión entre dos puntos situados dentro de un depósito de aceite de densidad d = 0,92 g/cm³, sabiendo que distan verticalmente entre sí 1,6 m. Expresar el resultado en Pa.**

Aplicando el teorema fundamental de la hidrostática:

$$p_A - p_B = d \cdot g \cdot h$$

siendo $h = h_A - h_B$ la diferencia entre las dos profundidades.

En primer lugar, y para ser coherentes, se pasan las unidades de la densidad a unidades del SI.

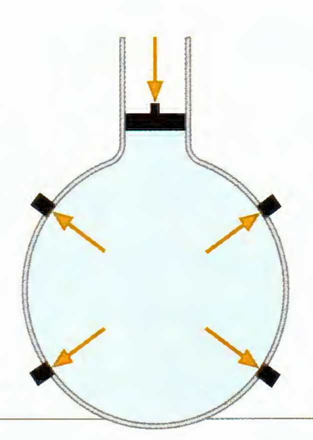
$$d = 0{,}92\ \text{g/cm}^3 = \frac{0{,}92 \cdot 10^{-3}\ \text{kg}}{10^{-6}\ \text{m}^3} = 0{,}92 \cdot 10^3\ \text{kg/m}^3 = 920\ \text{kg/m}^3$$

$$p_A - p_B = d \cdot g \cdot h = 920\ \text{kg/m}^3 \cdot 9{,}8\ \text{m/s}^2 \cdot 1{,}6\ \text{m} = 14.425{,}6\ \text{N/m}^2 = 14.425{,}6\ \text{Pa}$$

$$p_A - p_B = 14.425{,}6\ \text{Pa}$$

El principio de Pascal

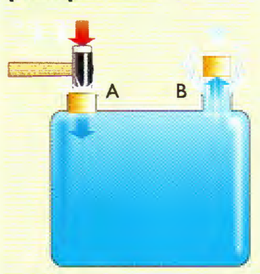
Las presiones aplicadas en los líquidos pueden aprovecharse para realizar tareas útiles. Por ejemplo, para multiplicar una fuerza, como sucede en la prensa hidráulica o en los frenos de un coche.





SABÍAS QUE...

Comprobando el principio de Pascal



1. Se llena de agua un matraz de dos bocas.
2. Se tapan las bocas con los tapones A y B.
3. Se aplica una fuerza en el tapón A golpeando con un martillo.

Se observa que el tapón B salta hacia fuera porque la presión ha sido transmitida por el líquido.

El principio de Pascal

La presión aplicada sobre el émbolo se transmite con la misma intensidad y en todas las direcciones.

El francés Blaise Pascal (1623-1662) descubrió una propiedad importante en los líquidos, que se conoce como **principio de Pascal:**

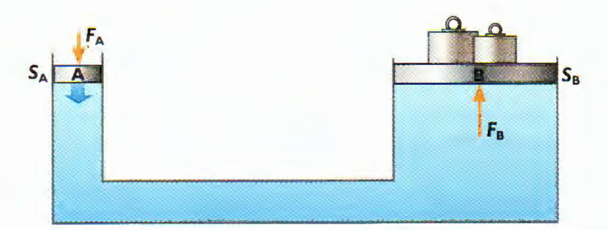
> La presión aplicada a un líquido contenido en un recipiente indeformable se transmite con la misma intensidad a cualquier otro punto del líquido.

La causa de que la presión ejercida en un líquido se transmita íntegramente en todas direcciones es debida a que los líquidos son incompresibles. Por tanto, al aplicarles una presión y no poder reducirse de volumen, la transmiten en todas direcciones perpendiculares a las paredes del recipiente que los contiene.

La comprobación experimental de este principio puede hacerse con un matraz esférico con varios orificios pequeños, lleno de líquido y cerrado por medio de un émbolo. Al presionar con el émbolo, el líquido sale al mismo tiempo y con igual velocidad por todos los orificios.

La prensa hidráulica

Una de las aplicaciones más importantes del principio de Pascal es la prensa hidráulica. Consta de dos cilindros comunicados por un conducto inferior y cerrados ambos por sendos émbolos.



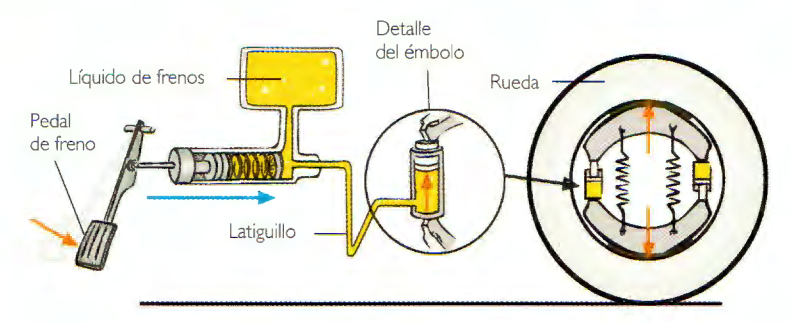
Prensa hidráulica, cuando se aplica una fuerza a uno de los émbolos, esta se transmite inmediatamente al otro émbolo.

Cuando se aplica una fuerza pequeña sobre el émbolo del cilindro de menor sección, S_A, se pueden levantar grandes masas colocadas sobre el cilindro de mayor sección, S_B. Por el principio de Pascal, las presiones en A y B son iguales: $p_A = p_B$. O lo que es lo mismo:

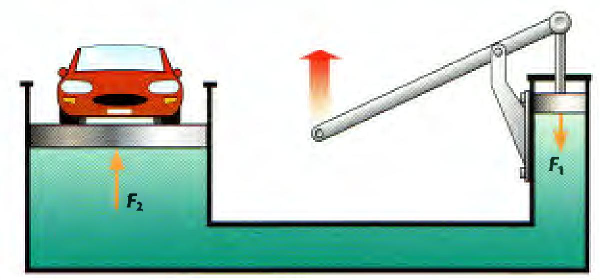
$$\frac{F_A}{S_A} = \frac{F_B}{S_B} \rightarrow F_B = F_A \frac{S_B}{S_A}$$

La fuerza obtenida en B es igual a la fuerza aplicada en A multiplicada por el cociente de las superficies de los dos recipientes. Cuanto mayor sea la relación entre la superficie de los émbolos, tanto más se multiplica el efecto de la fuerza aplicada en A.

Otras aplicaciones del principio de Pascal son los frenos hidráulicos y los elevadores hidráulicos.



Esquema del freno hidráulico de un coche. Al pisar el freno, la fuerza ejercida por el pie se amplifica con la palanca del pedal y se transmite al émbolo que presiona el líquido de frenos. A través del latiguillo, la presión sobre el líquido llega a los pistones en las ruedas, que oprimen las zapatas sobre el tambor de cada rueda.



Elevador hidráulico.

CÓMO HACER

- **En una prensa hidráulica, el pistón menor tiene una superficie de 0,002 m², y el mayor, de 0,5 m². Sobre el menor se aplica una fuerza de 600 N. ¿Qué fuerza recibe el pistón mayor?**

$$\frac{F_1}{S_1} = \frac{F_2}{S_2} \rightarrow \frac{600\ \text{N}}{0{,}002\ \text{m}^2} = \frac{F_2}{0{,}5\ \text{m}^2} \rightarrow F_2 = 150.000\ \text{N}$$

- **En un aparato elevador de coches los diámetros de los pistones son 5 y 25 cm, respectivamente. ¿Cuál es la máxima carga que puede elevarse si el valor máximo de la fuerza que se va a aplicar en el émbolo pequeño es de 600 N?**

Aplicando el principio de Pascal, el valor de la presión aplicada en el pistón pequeño F_1/S_1 se transmite con la misma intensidad al mayor, F_2/S_2:

$$\frac{F_1}{S_1} = \frac{F_2}{S_2} \rightarrow \frac{600}{\pi r_1^2} = \frac{F_2}{\pi r_2^2}$$

$$F_2 = 600 \cdot \frac{r_2^2}{r_1^2} = 600 \cdot \frac{12{,}5^2}{2{,}5^2} = 15.000\ \text{N}$$

Esta fuerza permite subir un cuerpo de masa:

$$m = \frac{\text{Peso}}{g} = \frac{15.000\ \text{N}}{9{,}8\ \text{N/kg}} = 1.530\ \text{kg}$$

- **Calcular la fuerza ejercida sobre los muelles M_1 y M_2 de la figura.**

La presión ejercida en el pistón es:

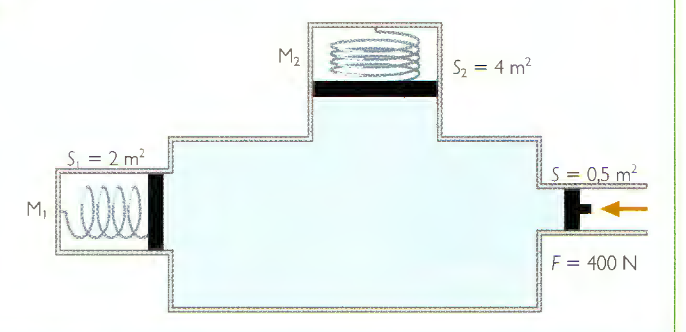
$$p = \frac{F}{S} = \frac{400\ \text{N}}{0{,}5\ \text{m}^2} = 800\ \text{Pa}$$

• Sobre M_1:

$$p = \frac{F_1}{S_1} \rightarrow F_1 = p \cdot S_1 = 800\ \text{Pa} \cdot 2\ \text{m}^2 = 1.600\ \text{N}$$

• Sobre M_2:

$$p = \frac{F_2}{S_2} \rightarrow F_2 = p \cdot S_2 = 800\ \text{Pa} \cdot 4\ \text{m}^2 = 3.200\ \text{N}$$



El principio de Arquímedes

Cualquier cuerpo sumergido en un fluido experimenta un empuje dirigido hacia arriba; es decir, una fuerza vertical con sentido opuesto al peso.



Para ascender y descender, los submarinos disponen de unos depósitos que, llenando o vaciando, modifican su peso.

¿Qué es el empuje?

Cuando introducimos un sólido en un líquido, este ejerce una fuerza hacia arriba sobre aquel, razón por la cual nos cuesta hundir los cuerpos poco densos en el agua; también tenemos que hacer menos fuerza para sostener un sólido en el agua que en el aire.

Todo líquido ejerce una fuerza hacia arriba sobre un sólido introducido en él que hace que el sólido, aparentemente, pese menos que en el aire. A la fuerza ascendente que ejerce el líquido sobre el sólido la llamamos **fuerza de empuje**.

El principio de Arquímedes

El sabio griego Arquímedes (287-212 a.C.) fue el primero en medir el empuje que los líquidos ejercen sobre los sólidos sumergidos en ellos, con la consiguiente pérdida aparente de peso. Su principio se enuncia así:

> Todo cuerpo sólido introducido en un fluido, total o parcialmente, experimenta un empuje vertical hacia arriba igual al peso del fluido desalojado por el cuerpo.

Ahora bien, el peso del sólido sumergido es: $P = m_S \cdot g = V_S \cdot d_S \cdot g$

Teniendo en cuenta la definición de empuje: «peso del fluido desalojado por el sólido sumergido»:

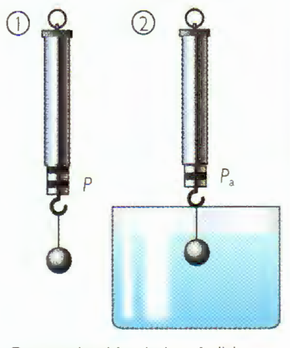
$$E = V_S \cdot d_L \cdot g$$

- V_S: volumen del sólido sumergido (m^3).
- d_L: densidad del líquido, generalmente agua (kg/m^3).
- g: aceleración de la gravedad ($g = 9{,}8$ N/kg).

Comprobación del principio de Arquímedes

1. Se determina el peso del cuerpo en el aire mediante el dinamómetro (P).
2. Se introduce el cuerpo en el líquido suspendido del dinamómetro y se anota el peso aparente del cuerpo (P_a).
3. Se comprueba que el peso aparente del cuerpo sumergido (P_a) es menor que el peso del cuerpo en el aire (P).

El cuerpo sumergido en el líquido ha experimentado una pérdida aparente de peso que es igual al peso del volumen del líquido desalojado (empuje E).



Comprobación de la pérdida aparente de peso de un líquido.

La flotabilidad

Cuando un cuerpo está sumergido en un líquido, actúan sobre él dos fuerzas opuestas: su propio peso (P) y el empuje del líquido (E). Si consideramos un líquido de densidad d_L, un sólido de densidad d_s y teniendo en cuenta que el volumen (V) del sólido es también el volumen del líquido desalojado, se tiene:

- Peso del sólido: $P = m_s \cdot g = d_s \cdot g \cdot V$
- Empuje del líquido: $E = m_L \cdot g = d_L \cdot g \cdot V$

Así que pueden darse tres casos o situaciones posibles relacionando las densidades:

- $d_S > d_L$. En este caso, $P > E$. El sólido **se hunde**, puesto que el peso supera al empuje.
- $d_S = d_L$. Ahora $P = E$. El sólido permanece sumergido, **en equilibrio**, a media agua.
- $d_S < d_L$. Ocurre que $P < E$. El sólido asciende y **flota**, hasta que P y el nuevo E se equilibran.

Si la densidad del sólido sumergido es mucho menor que la del líquido, el sólido flotará, permaneciendo casi por completo fuera del agua. Es el caso del corcho blanco en agua.

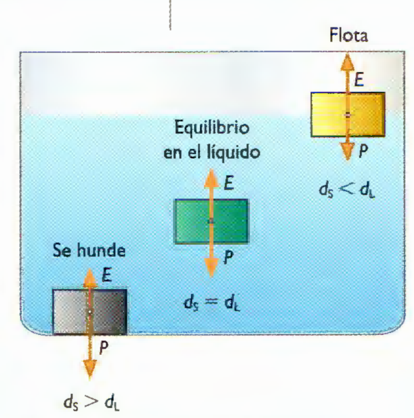
Si la densidad del sólido es ligeramente menor que la del líquido, el sólido flotará, pero la mayor parte estará sumergida. Un ejemplo son los icebergs, cuya parte emergida corresponde a la décima parte de su tamaño.

Se llama **peso aparente** (P_a) de un cuerpo a la diferencia entre su peso real en el aire (P) y el empuje (E) que experimenta cuando está totalmente sumergido en un líquido:

$$P_a = P - E$$



Los globos aerostáticos ascienden porque el aire caliente de su interior es menos denso que el aire circundante, lo que da lugar a un empuje cuyo valor es superior al peso.



Diferente comportamiento de tres sólidos de distintas densidades, con el mismo volumen en un líquido.

CÓMO HACER

- **Un trozo de mármol (d = 2.700 kg/m³) de 300 cm³ se sumerge en agua.**
  a) ¿Cuánto pesa ese cuerpo en el aire?
  b) ¿Qué fuerza ascensional o empuje recibe al sumergirlo en agua?
  c) ¿Cuánto es su peso aparente sumergido en agua? Dato: la densidad del agua es 1.000 kg/m³.

a) Pasamos los 300 cm³ al SI:

$300\ \text{cm}^3 \cdot 1\ \text{m}^3/10^6\ \text{cm}^3 = 3 \cdot 10^{-4}\ \text{m}^3$

Entonces:

$$P = m \cdot g = V_S \cdot d_S \cdot g = 3 \cdot 10^{-4} \cdot 2.700 \cdot 9{,}8 = 7{,}94\ \text{N}$$

b) $E = V_S \cdot d_L \cdot g = 3 \cdot 10^{-4} \cdot 1.000 \cdot 9{,}8 = 2{,}94\ \text{N}$

c) $P_a = P - E = 7{,}94 - 2{,}94 = 5{,}00\ \text{N}$

- **¿Qué peso máximo puede soportar una balsa cuyo volumen en madera es de 0,5 m³ y su densidad es 0,5 g/cm³ sin sumergirse completamente en el agua?**

El equilibrio de la balsa flotando en el agua se consigue cuando el empuje de la parte sumergida sea igual a la suma de su peso y el del cuerpo situado sobre la balsa.

$$d_{madera} = 0{,}5\ \text{g/cm}^3 = 500\ \text{kg/m}^3$$

Cuando queda sumergida toda la balsa, el valor del empuje es igual al peso de la balsa más el del cuerpo sobre ella:

Empuje = Peso balsa + Peso cuerpo

$$d_{agua} \cdot V_{cuerpo} \cdot g = m_{balsa} \cdot g + P$$

$$1.000\ \text{kg/m}^3 \cdot 0{,}5\ \text{m}^3 \cdot 9{,}8\ \text{m/s}^2 = 0{,}5\ \text{m}^3 \cdot 500\ \text{kg/m}^3 \cdot 9{,}8\ \text{m/s}^2 + P \rightarrow$$

$$\rightarrow 4.900\ \text{N} = 2.450\ \text{N} + P \rightarrow P = 2.450\ \text{N}$$

Como $P = m \cdot g \rightarrow m = 250$ kg, la balsa puede soportar una masa menor a 250 kg sin sumergirse completamente.

La presión atmosférica

La atmósfera es la capa gaseosa que envuelve a la Tierra; tiene un espesor de más de 1.000 km. A causa de su peso, ejerce una presión sobre todos los cuerpos situados en la superficie terrestre.



La presión atmosférica en lo alto de una montaña es menor que a nivel del mar.

¿Qué es la presión atmosférica?

Un cuerpo cualquiera situado sobre la superficie terrestre experimenta una fuerza normal considerable debido a la columna de aire que hay sobre el mismo.

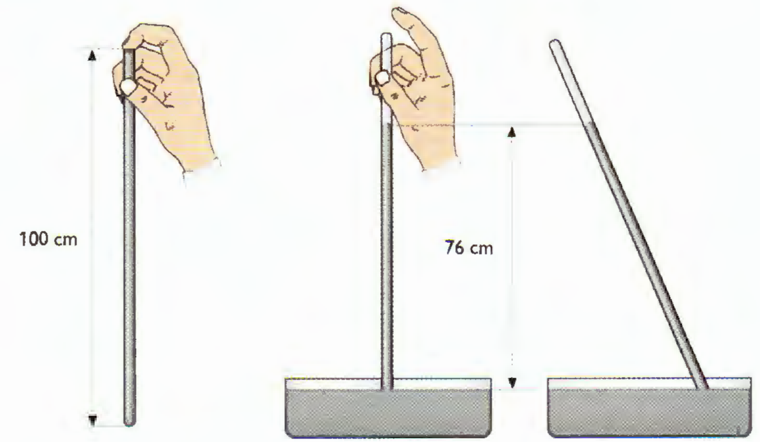
Se llama **presión atmosférica** a la fuerza, por unidad de superficie, ejercida por la atmósfera sobre los cuerpos situados en la superficie de la Tierra. Esta presión se ejerce sobre todos los cuerpos y, al igual que en los líquidos, actúa en todas direcciones.



El experimento de Torricelli

El físico italiano Torricelli (1608-1647), discípulo de Galileo, fue quien determinó por primera vez experimentalmente, en 1643, el valor de la presión atmosférica.

Tomó un tubo de vidrio cerrado por un extremo, de un metro de longitud aproximadamente, y lo llenó de mercurio; tapó con el dedo el extremo abierto e, invirtiéndolo, lo introdujo por ese extremo en un recipiente que contenía mercurio. Pudo comprobar, al retirar el dedo, que el nivel del mercurio en el interior del tubo descendió hasta quedar la columna de mercurio con una altura de 76 cm sobre la superficie libre del mercurio del recipiente, cuando la experiencia se realizaba al nivel del mar.



¡Ojo!, el mercurio es muy tóxico, por lo que no se debe tocar.

SABÍAS QUE...

1 m^3 de aire tiene una masa de 1,29 kg (a 0 °C y 760 mm de mercurio). Por tanto, su densidad es de 1,29 kg/m^3; es decir, una parte en 800 que la del agua (1.000 kg/m^3).

El valor de la presión atmosférica

A partir del experimento de Torricelli se puede deducir el valor de la presión atmosférica (p_{atm}). Equivale a la presión hidrostática producida por una columna de 760 mm de mercurio. Por tanto:

$$p_{atm} = d \cdot g \cdot h \simeq 13.600\ \frac{kg}{m^3} \cdot 9{,}81\ \frac{N}{kg} \cdot 0{,}76\ m \rightarrow \mathbf{p_{atm} = 101.325\ Pa}$$

El valor de la presión atmosférica al nivel del mar se utiliza como unidad de presión: se llama **atmósfera (atm)**.

Otra unidad de presión es el **milímetro de mercurio (mm Hg)**, o el **Torr**, que equivale a la presión ejercida por una columna de mercurio de 1 mm de altura.

El valor de la presión atmosférica normal es:

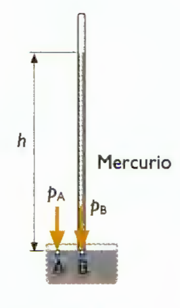
$$1\ atm = 101.325\ Pa = 760\ mm\ Hg = 760\ Torr$$

En meteorología se utilizan el bar y el milibar (mbar).

$$1\ bar = 10^5\ Pa = 750\ Torr = 0{,}987\ atm$$

En la práctica, el bar se puede aproximar a 1 atm:

$$1\ mbar = 10^{-3}\ bar = 100\ Pa$$



$p_A = p_B$

Siendo p_A la presión atmosférica y p_B la presión debida al peso de la columna de mercurio, situada sobre B.



La presión atmosférica y la altura

El valor de la presión atmosférica (101.325 Pa) es notablemente alto. Por cada m² de superficie actúan 101.325 N; o sea, el peso aproximado de unos 10.000 kg (o litros) de agua.

Esta presión desciende con la altura, porque a medida que ascendemos, la columna de aire que soportamos es menor.

Altura (km)	p_{atm} (atm)
0	1
16	$10^{-1} = 0{,}1$
48	$10^{-3} = 0{,}001$
80	10^{-5}
120	10^{-7}

Valores aproximados de la presión atmosférica con la altura.



CÓMO HACER

- **La presión del aire en la rueda de un coche es 1,8 atm. La expresamos en pascales:**

$$1{,}8\ atm \cdot \frac{101.325\ Pa}{1\ atm} = 182.385\ Pa$$

- **Determinar cuál debería ser la altura mínima que debe tener un tubo para poder realizar con agua, en vez de mercurio, la experiencia de Torricelli.**

La presión en todos los puntos de una superficie horizontal de un fluido en equilibrio es la misma.

En el punto A de la superficie libre del fluido la presión atmosférica será la misma que en B o B', cuya presión es la debida al peso de la columna, bien de mercurio o de agua.

$$p_A = p_B = p_{B'}$$

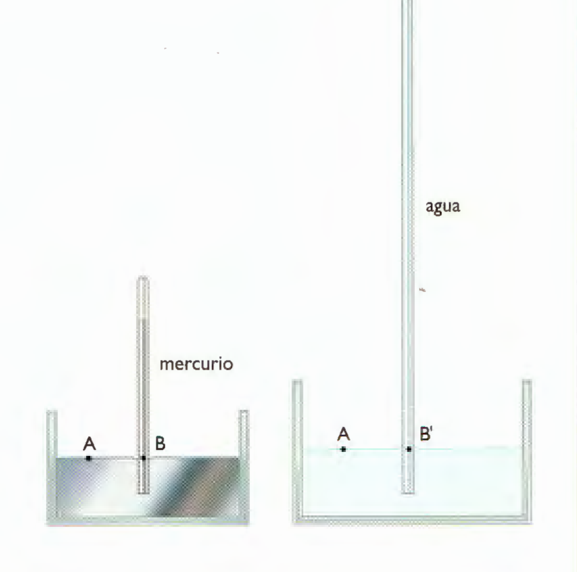
$$d_{Hg} \cdot g \cdot h_{Hg} = d_{agua} \cdot g \cdot h'_{agua}$$

$$d_{Hg} \cdot h_{Hg} = d_{agua} \cdot h'_{agua}$$

Sustituyendo los valores correspondientes:

$$13.600\ kg/m^3 \cdot 0{,}76\ m = 1.000\ kg/m^3 \cdot h'_{agua} \rightarrow$$
$$\rightarrow h'_{agua} = 10{,}33\ m$$

Así, como la densidad del agua es menor que la del mercurio, es necesaria una mayor cantidad para producir la misma presión hidrostática.



Medida de la presión atmosférica

Los líquidos ejercen una presión (debida a su propio peso) sobre todo aquello que se encuentra en su interior (presión hidrostática). Sucede lo mismo con los gases, debido a los choques de las partículas contra las paredes del recipiente o de los objetos colocados en su interior (presión gaseosa).

¿Cómo se mide la presión en un fluido?

Los **manómetros** son instrumentos empleados para medir presiones hidrostáticas o gaseosas.



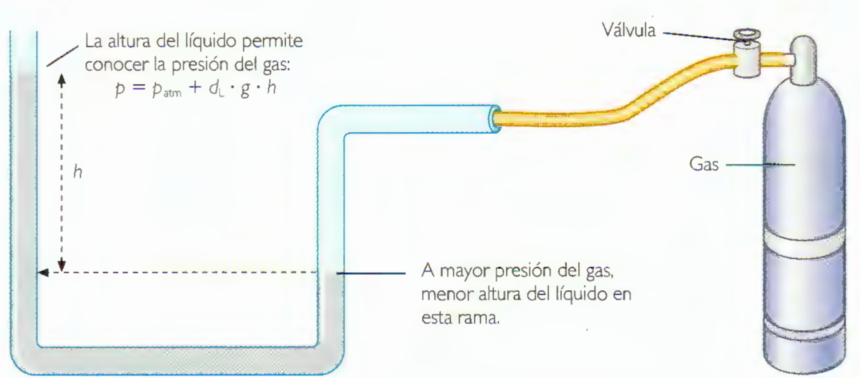
Por cada diez metros de descenso en el agua del mar la presión aumenta en una atmósfera.

- Los **manómetros de mercurio** se basan en la experiencia de Torricelli. Para medir presiones parecidas a la atmosférica se utilizan los de tubo abierto y para presiones elevadas, se cierra un extremo que se llena con aire a presión.
- Los **manómetros metálicos** se usan cuando no se desea demasiada precisión. Están formados por un tubo metálico hueco, cerrado en un extremo. Por el otro extremo entra el gas cuya presión queremos medir. Este tubo curvado tiende a estirarse por la presión del gas y su movimiento se transmite a una aguja que se desliza sobre una escala graduada.

Encontramos manómetros en las estaciones de servicio (adecuados para medir la presión de los neumáticos) o en las bocas de salida de los extintores de incendios.



Es importante comprobar la presión de los neumáticos cada cierto tiempo. Para ello se utiliza un manómetro.

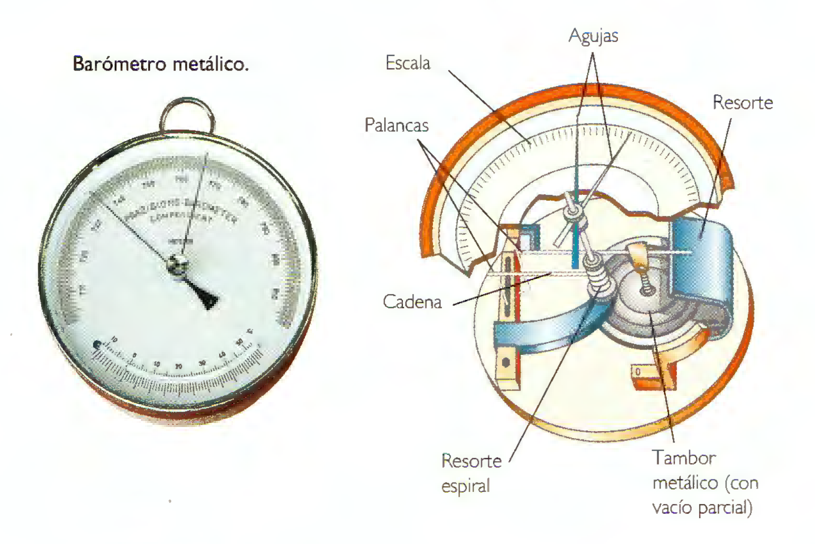


Manómetro de aire libre. Una de las ramas del tubo queda abierta a la atmósfera; la otra se conecta al recinto cuya presión queremos medir (el tanque de gas). El «líquido manométrico» suele ser mercurio, por su alta densidad.

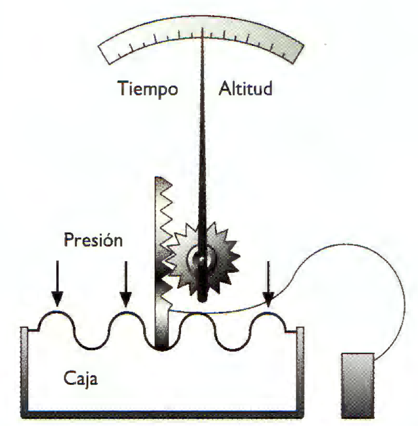
Los valores dados hasta ahora para la presión atmosférica son los llamados «normales», pero cambian de un día a otro en función de las condiciones meteorológicas. Hay días de «alta presión» (anticiclón) y días de «baja presión» (borrasca). Los primeros suelen anunciar buen tiempo (soleado, sin nubes) y los segundos, mal tiempo (lluvias o nieves).

Para predecir el tiempo meteorológico es necesario medir constantemente la presión atmosférica, lo cual se hace con instrumentos llamados **barómetros**. Hay dos tipos básicos de barómetros.

- Los **barómetros de mercurio** están basados en el experimento de Torricelli. Al dar una medida muy exacta, son instrumentos de referencia en laboratorios y observatorios meteorológicos.
- Los **barómetros metálicos** o **aneroides** se emplean para medir las variaciones de la presión atmosférica. La variación de la presión atmosférica deforma más o menos un tambor elaborado con paredes muy finas. Esta deformación hace que la aguja se mueva sobre la escala, indicando el valor de la presión.



Barómetro metálico.



Barómetro de Vidi.

Sus dimensiones son reducidas, y por eso son los que suelen utilizarse en las casas. Tienen en su interior una caja metálica en la que se ha hecho el vacío. Las variaciones de la presión, que son detectadas por la deformación de la caja, abombándose o aplastándose, se transmiten al índice de una aguja que se desplaza sobre una escala.

Otra aguja, cuya posición se fija manualmente, nos permite conocer el aumento o disminución diario de la presión atmosférica.



Barómetro de mercurio.



Hoy en día existen prácticos manómetros digitales para chequear la presión de los neumáticos, sin tener que recurrir a una estación de servicio.



PARA SABER MÁS

El milibar

Si observamos los mapas del tiempo que suelen aparecer en televisión o en los periódicos, habremos visto que en meteorología la presión atmosférica se mide en una unidad distinta a las que conocemos: el milibar (mbar).

- 1 mbar = 10^{-3} bar = 100 Pa.
- 1 atm = 1.013,25 mbar.

FÍSICA Y QUÍMICA

Bloque 06. Trabajo, energía y calor

La energía. Formas de energía

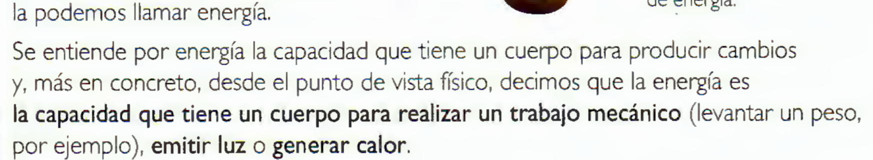
En la vida ordinaria se está haciendo uso, de forma permanente, de la palabra energía. Se habla de energías alternativas, de la necesidad del ahorro energético o de las fuentes de energía.



A diario utilizamos diferentes tipos de energía.

¿Qué es la energía?

Hay cuerpos que, en determinadas condiciones, poseen capacidad para interaccionar con otros, es decir, para provocar cambios en otros cuerpos. A esa capacidad la podemos llamar energía.



Se entiende por energía la capacidad que tiene un cuerpo para producir cambios y, más en concreto, desde el punto de vista físico, decimos que la energía es **la capacidad que tiene un cuerpo para realizar un trabajo mecánico** (levantar un peso, por ejemplo), **emitir luz** o **generar calor**.

Toda actividad que tiene lugar en el Universo se produce gracias a la energía. La energía es única, pero tiene distintas formas de presentarse, es decir, de ponerse de manifiesto. En el Sistema Internacional, la energía se mide en joules o julios (J).

PARA SABER MÁS

La caloría

Otra unidad muy empleada es la caloría (cal). Su equivalencia con el julio es la siguiente:

1 cal = 4,18 J

La caloría se utiliza generalmente para describir procesos en los que tienen lugar intercambios de calor.

Formas de energía

Las podemos agrupar en: energía química, térmica, mecánica, eléctrica, magnética, radiante, etc.

Energía química

La energía química es la que tiene la materia debido a su estructura interna.

La energía química se puede aprovechar gracias a las reacciones químicas, como, por ejemplo, la combustión.

También es una energía química **la energía nuclear**, aprovechable a partir de reacciones nucleares con sustancias como el uranio y el plutonio.

Otro ejemplo de energía química es la que desarrollan las pilas. En este caso, la energía química se almacena en las pilas hasta que se convierte en energía eléctrica.



En la combustión se emplea energía química almacenada en una sustancia (gas, aceite, petróleo, madera…) para generar calor.



¿Cómo puede aprovecharse la energía química almacenada en la madera?

Energía térmica

Cuando calentamos un objeto, estamos transfiriendo energía térmica. La energía térmica que tiene un cuerpo depende de dos magnitudes: de su temperatura y de su cantidad de materia. La teoría cinética lo explica:

- Cuando la temperatura aumenta, las partículas que forman el cuerpo se mueven (o vibran) con mayor velocidad: tienen más energía.
- Si existe más materia, habrá un mayor número de partículas en movimiento (o vibrando), lo que hará que la energía total sea mayor.

La energía térmica se transfiere de un cuerpo que está a más temperatura a otro con menor temperatura.



En los altos hornos y en las fraguas se calienta el metal para darle forma. Lo que está ocurriendo es una transferencia de energía térmica desde el horno hasta el metal. Esta energía térmica es capaz de alterar la estructura interna del metal, lo que modifica sus propiedades (su capacidad para ser moldeado, por ejemplo).

Energía mecánica

La energía mecánica es la energía que posee un cuerpo debido a su movimiento (energía cinética) o a su posición (energía potencial). La energía del sonido es también energía mecánica.



En una lámpara, cuando la corriente eléctrica pasa a través del alambre, se pone incandescente y nos proporciona luz.

Energía eléctrica

La electricidad es imprescindible para llevar a cabo la gran mayoría de nuestras actividades diarias.

Se llama energía eléctrica a la energía que obtenemos a partir del movimiento de las cargas eléctricas.

Energía magnética

Es la debida a las acciones magnéticas. Así, una punta metálica cerca de un imán posee una energía que es función de su posición (podemos considerarla como una energía potencial).

Energía radiante

La energía radiante es la energía que transmiten las ondas electromagnéticas, ya sean luz visible, ondas de radio, rayos X... Por ejemplo, la energía que transporta la luz visible procedente del Sol se aprovecha para calentar agua o para producir electricidad.



En las zonas elevadas del recorrido, los vagones de una montaña rusa tienen energía potencial. Cuando comienzan a descender, van adquiriendo energía cinética, disminuyendo su energía potencial.



Cuando pulsamos una tecla de un mando a distancia, este emite radiación electromagnética (infrarroja), que llega hasta el detector de un televisor o un equipo de música, por ejemplo, y provoca en este un cambio: aumento o disminución del volumen, variación del brillo de la imagen, etc.

Fuentes de energía

Desde muy antiguo, las personas ya usaban el fuego como forma de energía para cocinar y calentarse. Para poder mantener ese fuego, utilizaban como fuentes de energía, primero, madera y, más tarde, carbón... Hoy en día, los derivados del petróleo son los combustibles más empleados.



La utilización masiva del petróleo y del carbón propicia la desaparición de estos combustibles fósiles.

Clasificación de las fuentes de energía

Existen innumerables fuentes de energía. Pero, en última instancia, toda la energía procede del Sol (salvo la energía geotérmica y la energía nuclear de fisión).

Podemos clasificar las fuentes de energía en:

- Fuentes de energía **renovables**: se regeneran a un ritmo igual o mayor al que se consumen. Ejemplos: energía solar, eólica.
- Fuentes de energía **no renovables**: se consumen a un ritmo más elevado al que se producen, y terminarán agotándose. Ejemplos: carbón, petróleo.

Iluminación 8 %
Cocina 11 %
Electrodomésticos 17 %
Agua caliente 20 %
Calefacción 44 %

Consumo promedio de energía en una vivienda típica.

Además de esta clasificación se pueden usar otras. Por ejemplo:

- **Limpias** y **contaminantes**: según el impacto ambiental que generen. Por ejemplo, la energía solar es limpia, mientras que el carbón es contaminante, ya que durante su combustión se producen gases tóxicos.
- **Convencionales** y **no convencionales**:
  - Convencionales: el carbón, el petróleo y el gas natural, la energía nuclear y la energía hidráulica. Son las llamadas «energías tradicionales».
  - No convencionales: son fuentes de energía alternativas, que aún están en desarrollo. No inciden demasiado en la economía de un país. Forman este grupo la energía eólica, la solar (térmica y fotovoltaica), la biomasa, la geotérmica y la mareomotriz.

Fuentes de energía no renovables

Las fuentes de energía no renovables son las que se agotarán en un plazo de tiempo más o menos largo.

Dentro de estas fuentes de energía, las más utilizadas en la actualidad son los combustibles fósiles y los combustibles nucleares.

Llamamos **combustible** a cualquier sustancia que puede reaccionar químicamente con el oxígeno y proporcionar energía.

PARA SABER MÁS

Equivalencias entre las distintas unidades de energía:

- **tep:** tonelada equivalente de petróleo.
  1 tep = $4{,}19 \cdot 10^{10}$ J
- **tec:** tonelada equivalente de carbón.
  1 tec = $2{,}93 \cdot 10^{10}$ J

Combustibles fósiles

El carbón, el petróleo o el gas natural son ejemplos de combustibles. Se llaman combustibles fósiles porque se han formado a lo largo de millones de años.

- Carbón: se formó a partir de restos vegetales fosilizados. Está constituido por carbono, hidrógeno, nitrógeno y azufre. Cuando se quema produce óxidos de nitrógeno y azufre, que son muy contaminantes. Su uso se generalizó con la invención de la máquina de vapor (Watt, siglo XVIII), aunque su consumo disminuyó a partir de 1920 con la difusión del petróleo.
- Petróleo: es un líquido viscoso y negruzco. Es el resultado del almacenamiento y acumulación de animales y vegetales de hace unos 500 millones de años en fondos marinos. Se encuentra en grandes bolsas a profundidades variables. El petróleo bruto no es utilizable; antes de llegar al consumidor se somete a tratamiento en las refinerías. Sus productos derivados se utilizan como combustibles para motores o sistemas de calefacción. Se estima que las reservas conocidas de petróleo mundiales se agotarán dentro de 100 o 200 años.
- Gas natural: se encuentra en yacimientos acompañando generalmente al petróleo. Es una mezcla de gases donde predomina el metano. Se transporta en estado líquido por gasoductos y es menos contaminante que el carbón y el petróleo.

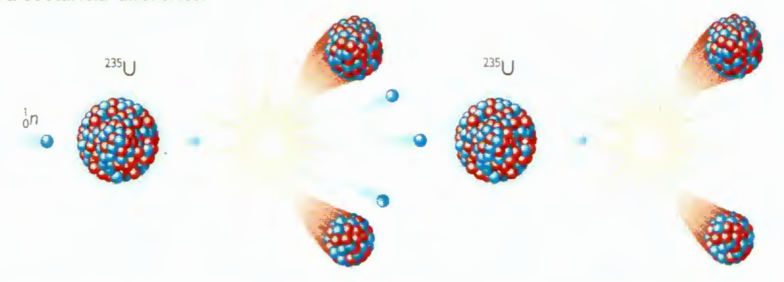


Extracción de carbón en una mina.



Combustibles nucleares

Una vez conocida la estructura del núcleo atómico (formado por protones y neutrones), se idearon métodos para aprovechar la energía desprendida en las reacciones nucleares, es decir, aquellas en las que los átomos de una sustancia se transforman en átomos de otra sustancia diferente.



Los átomos de uranio sufren una reacción de fisión nuclear, en la que son bombardeados con neutrones y se rompen liberando enormes cantidades de energía.

Estas reacciones nucleares proporcionan mucha energía a partir de poco combustible. Las sustancias utilizadas como combustible nuclear son el plutonio y el uranio fundamentalmente, debido a las propiedades de sus núcleos atómicos.

Fuentes de energía renovables

Llamamos fuentes de energía renovables a las que son inagotables, como la solar, la eólica y la hidráulica.

- Energía **solar**. El Sol es la principal fuente de energía sobre la Tierra: llega de forma gratuita y es limpia, ya que ni su uso directo ni su transformación producen residuos contaminantes.
- Energía **eólica**. Procede del Sol, que calienta de forma desigual unas zonas y otras, provocando el desplazamiento de masas de aire que originan los vientos. Al igual que la energía solar, es inagotable, limpia y gratuita.
- Energía **hidroeléctrica**. Es una forma sencilla de aprovechar la energía del agua en movimiento, también procedente del Sol en última instancia. Es la energía renovable más empleada gracias a las centrales eléctricas situadas junto a embalses.

La energía **eléctrica**

La energía eléctrica es la forma de energía más útil, ya que fácilmente se puede transformar en otros tipos de energía y se puede transportar.



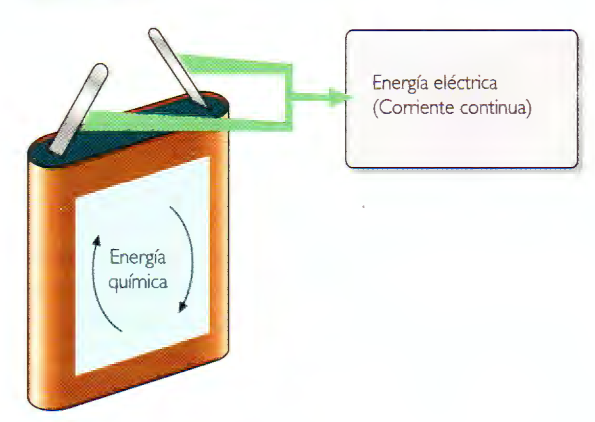
El transporte de energía eléctrica se lleva a cabo mediante redes de alta tensión.

Producción de electricidad

La energía eléctrica se produce mediante la transformación de otros tipos de energía, a saber: química, radiante o luminosa y mecánica.

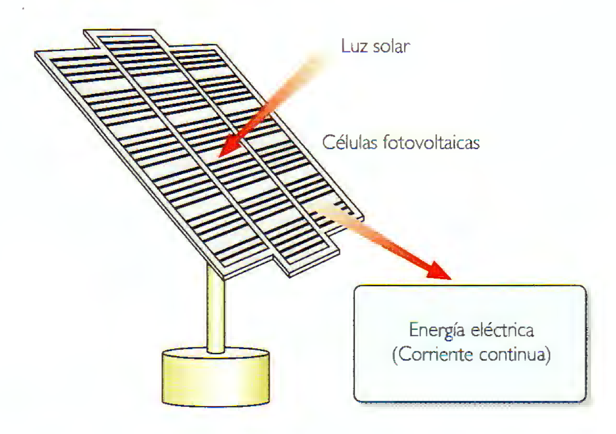
Energía química → energía eléctrica

Esta transformación tiene lugar en las pilas y baterías. Como resultado de reacciones químicas que se producen en su interior se genera una corriente eléctrica continua.



Energía luminosa → energía eléctrica

La conversión de energía luminosa en energía eléctrica se realiza en las células fotovoltaicas.
Al incidir luz sobre ellas liberan energía eléctrica de baja potencia en forma de corriente continua.



Energía mecánica → energía eléctrica

Para conseguir esta transformación de energía se utilizan unos generadores de energía eléctrica llamados alternadores.

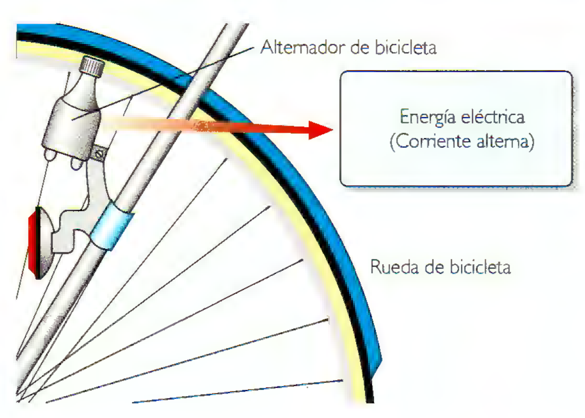
El ejemplo más sencillo es el alternador de una bicicleta. Consta de un eje en el que hay un imán que puede girar alrededor de una bobina de hilo conductor. Cuando el imán gira, se produce una corriente alterna que transmite energía eléctrica a la lámpara de la bicicleta.

Este es el fundamento de la producción de energía eléctrica en las centrales eléctricas: la utilización de alternadores.

Las centrales eléctricas tienen grandes alternadores movidos por turbinas. Las turbinas poseen unas palas o álabes que, al ser empujadas, ponen en movimiento el eje del alternador y provocan una corriente alterna.

La forma de obtener energía mecánica para empujar las palas de las turbinas nos permite clasificar las centrales eléctricas en hidroeléctricas y térmicas.

Mientras que en las centrales hidroeléctricas se aprovecha la energía cinética/potencial del agua de un río o de una represa, en las centrales térmicas se emplea la energía química de un combustible fósil (carbón o petróleo) o nuclear para generar vapor de agua, vapor que mueve las turbinas y genera corriente eléctrica.



La energía hidroeléctrica



Central hidroeléctrica. Convierte la energía potencial almacenada en el agua de un embalse en energía eléctrica.

La energía hidroeléctrica es una forma sencilla de aprovechar la energía cinética del agua en movimiento. Es inagotable, limpia y gratuita.

En última instancia, esta energía es generada por el Sol. Calienta las masas de agua del mar, es decir, aumenta su energía interna, las evapora, formándose las nubes, que a su vez devuelven el agua al suelo con la lluvia y la nieve, originando los arroyos y los ríos, que son embalsados mediante represas.

Las centrales hidroeléctricas

Las centrales hidroeléctricas se instalan en el curso de los ríos junto a represas capaces de embalsar suficiente cantidad de agua. En el fondo de la represa se abren unas tuberías que canalizan el agua a presión hasta las turbinas.

Cuando este chorro de agua a presión empuja las palas de la turbina, su energía potencial se transforma en energía cinética de rotación. De esta forma se consigue el movimiento de las aspas de la turbina y se genera la corriente eléctrica en el generador.

En estas centrales la energía cinética del agua en movimiento es transformada en energía eléctrica. La potencia de este tipo de centrales depende del desnivel del agua en la represa y del caudal que atraviesa la turbina.

? SABÍAS QUE...

Impacto en el medio de las centrales hidroeléctricas

Durante la fase de producción, las centrales hidroeléctricas prácticamente no contaminan. Pero el impacto paisajístico del embalse es brutal. Además, al construir el embalse, se altera el hábitat de muchas especies, que deben emigrar a otros lugares..., cuando esto les resulta posible.

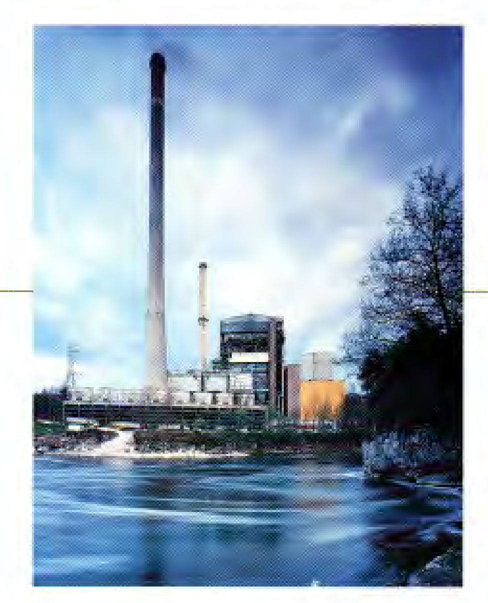




Antes y después de la construcción de un embalse.

Las centrales térmicas de **combustibles fósiles**

Las centrales térmicas producen electricidad a partir de la energía química almacenada en un combustible (petróleo, carbón, gas natural o combustibles nucleares).



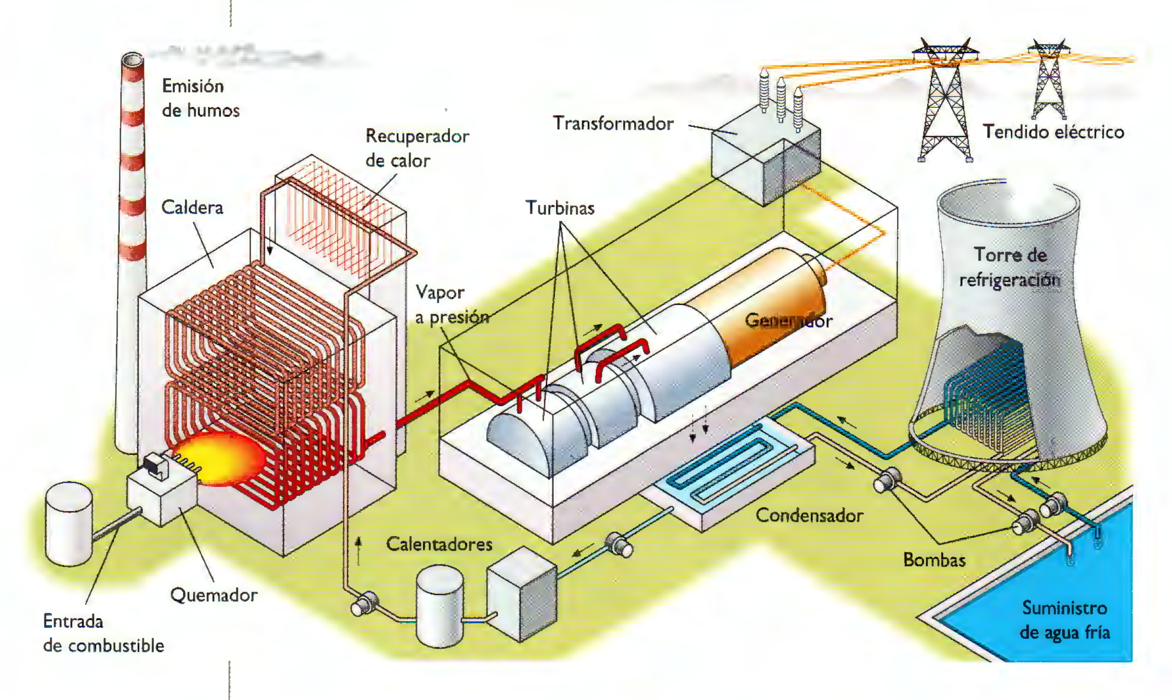
Central térmica.

El funcionamiento de una central térmica

Aunque pueden usarse combustibles diversos (carbón, petróleo, gas…), la producción de energía sigue en todos los casos el esquema siguiente:

1. El calor generado al quemar el combustible (carbón, petróleo) se emplea para calentar agua en una **caldera**, que se transforma en vapor.
2. Este vapor de agua se dirige hacia unas **turbinas** y las hace girar, debido a su empuje.
3. Un **generador**, el aparato capaz de producir electricidad, está acoplado a las turbinas, de manera que a medida que estas giran, se produce la energía eléctrica.
4. El generador está conectado a un **transformador** que convierte la corriente eléctrica para que se distribuya por los **tendidos eléctricos**.

Además, como puede verse en el esquema inferior, existe un **sistema de refrigeración** que permite convertir el vapor de agua que ha pasado por las turbinas en agua líquida, que vuelve a comenzar el ciclo a partir de la energía térmica obtenida de los combustibles.

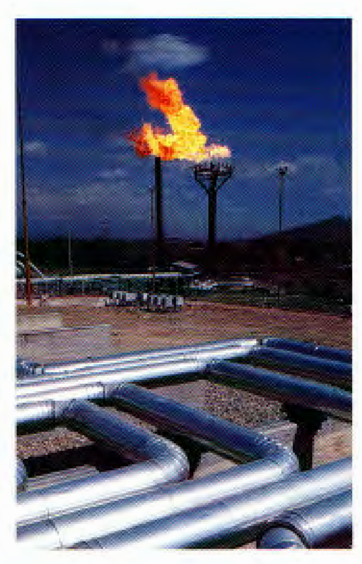


La contaminación provocada por las centrales térmicas

Uno de los problemas asociados a las centrales térmicas de carbón o petróleo es la contaminación provocada por los gases emitidos a la atmósfera durante la combustión del petróleo o el carbón. Se generan óxidos de nitrógeno y de azufre. Y, aunque las chimeneas de las centrales térmicas son altas para intentar minimizar los efectos de la emisión de gases tóxicos en el entorno, estas centrales contaminan la atmósfera.

El petróleo se transporta en grandes barcos o en conductos de gran longitud (oleoductos); el gas se transporta también en conductos (llamados gasoductos en este caso). El carbón, sin embargo, se suele transportar en vagonetas o trenes hasta los centros de distribución.

La situación de muchas centrales eléctricas viene determinada por la fuente de energía que emplean como «materia prima». Así, muchas centrales térmicas de petróleo se sitúan junto al mar para que el transporte del crudo desde petroleros sea sencillo.


Transporte de petróleo a través de oleoductos.



La contaminación térmica

No toda la contaminación provocada por las centrales térmicas está relacionada con la emisión de gases tóxicos. Existe otra manera de contaminar: la contaminación térmica que tiene lugar cuando se caliente el agua de un río o un pantano cercano a la central mientras se enfría el vapor de agua empleado para generar la energía.

Este calentamiento hace que disminuya la solubilidad del oxígeno en el agua, lo que puede ocasionar la muerte de muchos peces y otros animales del ecosistema acuático.

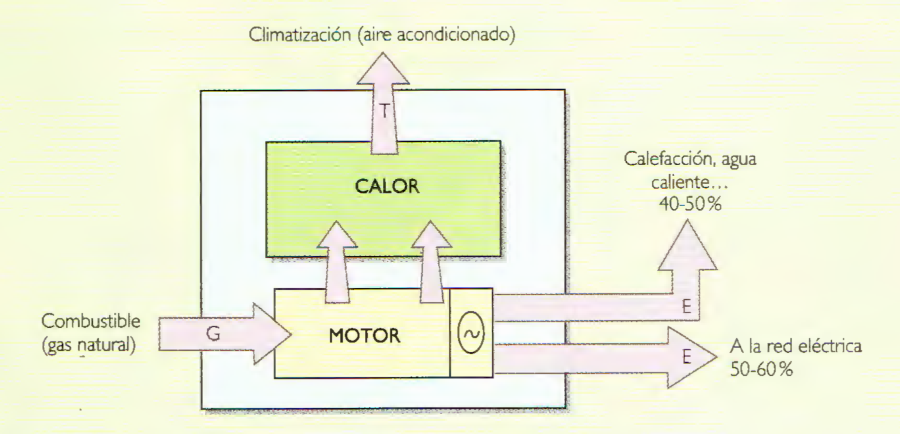
PARA SABER MÁS

La cogeneración

El rendimiento de las centrales térmicas de combustibles fósiles es bastante mejorable. Se sitúa en torno al 30-50 %, lo que quiere decir que la mitad de la energía se desaprovecha. Además del coste extra que supone un rendimiento bajo, el aumento en la concentración de CO_2 en la atmósfera ha hecho que se busquen nuevos métodos para conseguir una mayor eficiencia y lograr reducir la contaminación ambiental.

Uno de estos métodos es la cogeneración. Básicamente, consiste en aprovechar la energía almacenada en un combustible (ya sea en una central energética o bien en un centro de consumo) de dos maneras:

- Por una parte, el combustible se utiliza para generar energía eléctrica mediante un generador, algo que puede lograrse incluso en grandes centros de consumo: industrias, hospitales, etc.
- Por otra, se aprovecha el calor residual de la quema del combustible para abastecer al circuito de calefacción, calentar agua, etc.



Las ventajas de la cogeneración son un ahorro en el combustible y una menor contaminación.

Centrales térmicas nucleares

Las centrales térmicas nucleares nos proporcionan una buena parte de la energía eléctrica que consumimos.



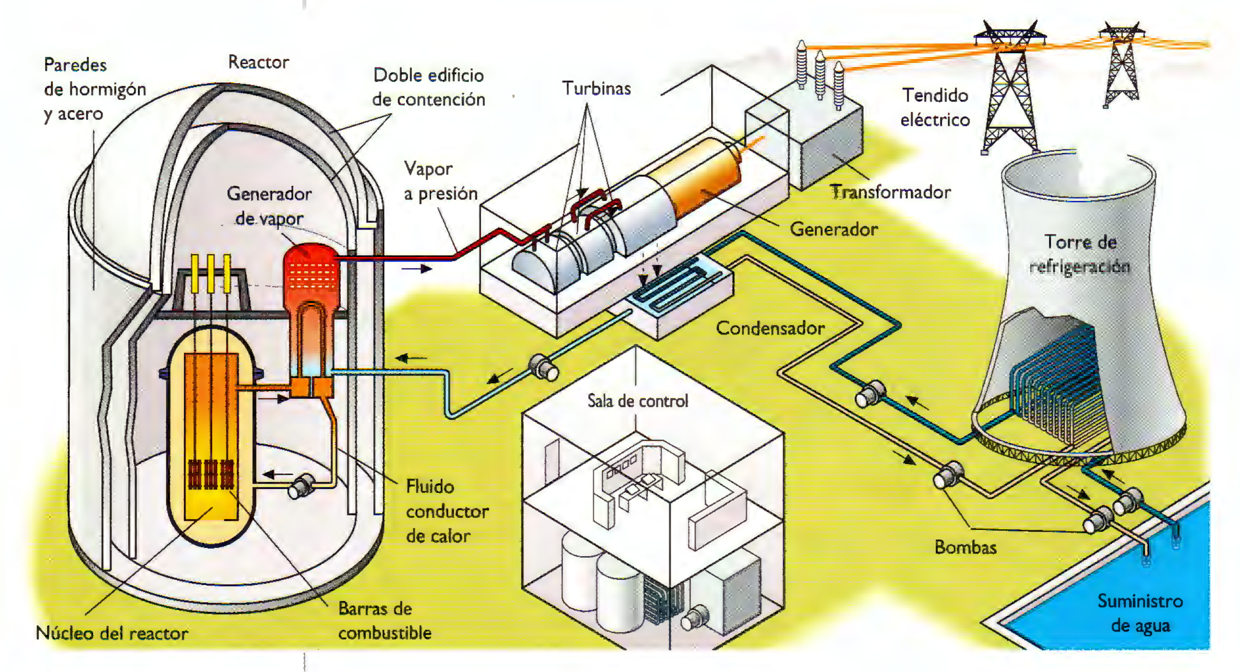
Central térmica nuclear. Convierte la energía química del combustible nuclear en energía calorífica, y esta última se convierte en electricidad.

¿Cómo funcionan?

El funcionamiento de las centrales térmicas nucleares es muy semejante al de las térmicas convencionales. La diferencia está en el combustible utilizado para producir energía. En el caso de las centrales térmicas se usan combustibles fósiles (carbón, petróleo, gas) y en las nucleares, uranio o plutonio.

1. En las centrales térmicas y nucleares, el calor obtenido de los combustibles (combustión y reacción nuclear, respectivamente) se emplea para calentar el agua contenida en una caldera, que se transforma en vapor de agua.
2. Ese vapor se conduce a una turbina, moviendo los álabes o aspas de esta.
3. El eje de la turbina está conectado a un generador de corriente, transformando la energía mecánica en energía eléctrica.
4. El vapor que sale de la turbina se condensa, al pasar por un circuito de refrigeración, y regresa a la caldera.

Desde una sala de control se gobierna la central y se manejan los dispositivos de seguridad que detienen el reactor en cuanto se atisba el mínimo riesgo de escape o mal funcionamiento.



La energía nuclear

El combustible nuclear más utilizado es el uranio-235. Sus átomos sufren una reacción de fisión nuclear, en la que son bombardeados con neutrones y se rompen en fragmentos de menor masa que la inicial.

En esta reacción se obtiene gran cantidad de energía y se liberan nuevos neutrones, que continúan el proceso, produciendo una reacción en cadena.

Si la reacción no se controla, produce una reacción en cadena descontrolada que emite una gran cantidad de energía en forma de explosión. En ese efecto se basa el poder destructivo de una bomba atómica (Hiroshima, 1945). Todavía existen en la zona secuelas de malformaciones genéticas por la contaminación radiactiva.

La energía que puede obtenerse viene dada por la expresión:

$$E = \Delta m \cdot c^2$$

donde E es la energía obtenida, Δm es la masa que se destruye y c es la velocidad de la luz en el vacío. Aunque Δm sea muy pequeña, al multiplicarla por el cuadrado de la velocidad de la luz en el vacío (300.000 km/s), el valor de la energía puede llegar a ser muy considerable. Por ejemplo, convirtiendo en energía un gramo de materia podríamos iluminar varias bombillas de cien vatios durante años.



La fusión nuclear proporciona la energía que el Sol emite continuamente al exterior.



La fusión nuclear: ¿la energía del futuro?

El proceso contrario a la fisión, es decir, la unión de dos núcleos ligeros para formar otro más pesado, se llama fusión nuclear y desprende muchísima energía.

El proceso de fusión consiste en la unión de núcleos pequeños para formar núcleos mayores. Igual que en la fisión, se desprende gran cantidad de energía, pero el inconveniente para su aprovechamiento radica en la inmensa energía de activación que se precisa para iniciar el proceso.

Existen muchos frentes abiertos en la investigación de la fusión nuclear. Cuando se encuentre un procedimiento para llevar a cabo estas reacciones con un balance de energía positivo, se habrá resuelto una gran parte del problema energético de nuestro planeta.

Pese a la mala prensa y a los residuos contaminantes que se generan, la energía nuclear es en muchos países una de las principales fuentes energía.

Contribución de la energía nuclear a la generación de energía eléctrica

País	Tanto por ciento	País	Tanto por ciento
Lituania	76,2	Finlandia	32,9
Francia	75,2	Japón	28,9
Eslovaquia	53,5	Alemania	26,1
Bélgica	51,7	Estados Unidos	20,2
Ucrania	48,6	Reino Unido	17,9
Armenia	45,0	Rusia	17,8
Suiza	39,5	España	17,5
Corea	34,8	Canadá	14,8
Suecia	34,7	Argentina	7,0

Fuente: Organismo Internacional de Energía Atómica (OIEA). Agosto de 2010.

? SABÍAS QUE...

Impacto en el medio de las centrales nucleares

El uso de la energía nuclear para obtener electricidad tiene dos graves inconvenientes:

- El riesgo de accidentes. Un escape de material radiactivo tiene consecuencias nefastas para la población circundante. Además, si el accidente es grave, como el ocurrido en Chernobyl (Ucrania) en 1986, la contaminación radiactiva puede extenderse incluso por varios continentes.
- Por otra parte, se generan residuos radiactivos que siguen siendo tóxicos durante miles o miles de millones de años. Estos restos deben ser cubiertos con plomo y enterrados.

Entonces, ¿por qué se sigue usando la energía nuclear? Principalmente por su alta eficiencia.

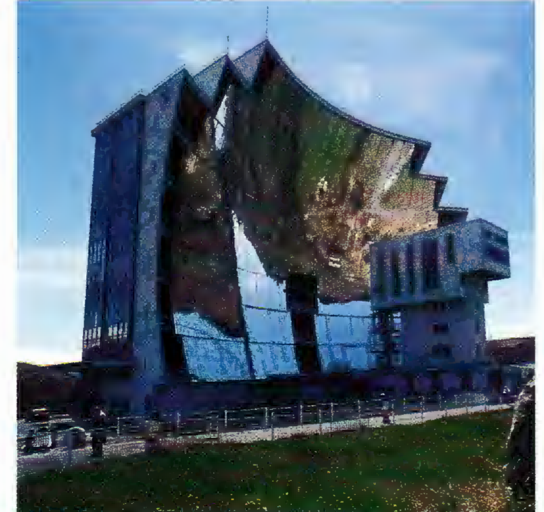
La energía solar

Las fuentes de energía no convencionales, como la energía solar, no suponen aún un aporte especial de energía para el consumo en países industrializados.



La energía solar puede emplearse en las viviendas para calentar el agua o producir electricidad.

Un horno solar es un dispositivo en el cual la luz del Sol es recogida mediante espejos, calienta un fluido, que puede ser agua, y lo transforma en vapor que, posteriormente puede generar energía eléctrica. ▼



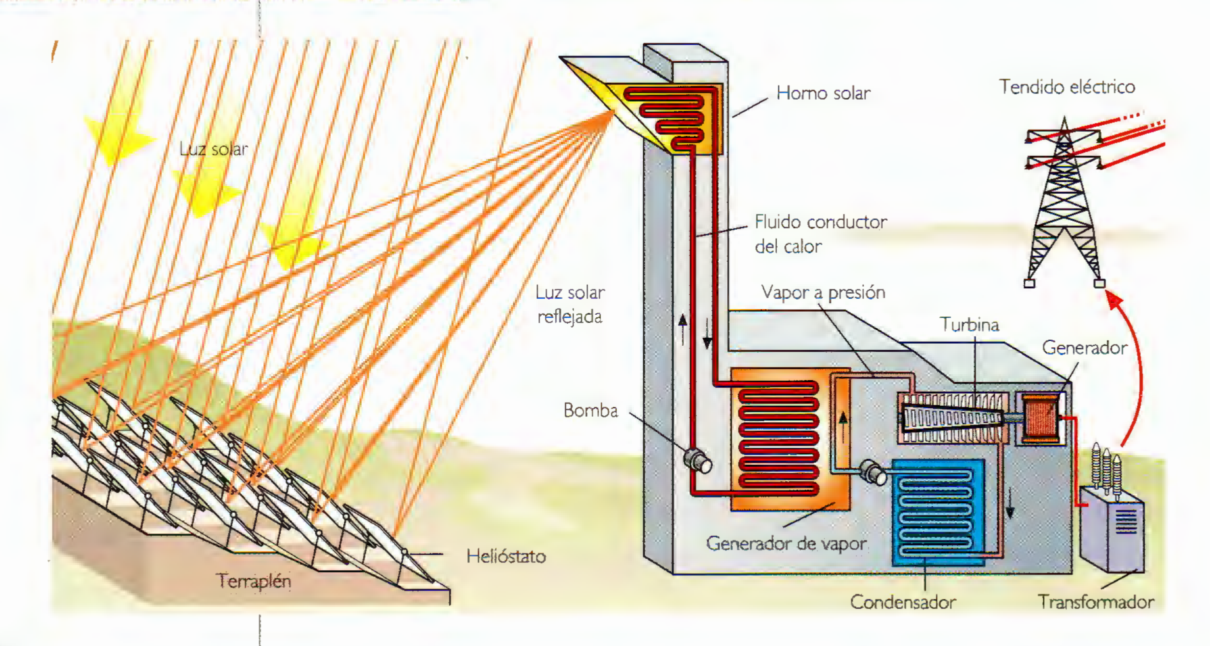
El Sol es la principal fuente de energía sobre la Tierra. Las plantas elaboran su alimento a partir de sustancias minerales y la luz del Sol. Los animales se alimentan de plantas y/o de animales que a su vez se alimentan de plantas, etc. Sin el Sol no podría existir la vida sobre la Tierra.

La energía solar es inagotable, gratuita y limpia; pero tiene el inconveniente de que es intermitente: las noches y los días nublados impiden tener energía solar durante ese tiempo.

Las centrales eléctricas solares

El Sol es como un gran reactor nuclear. En su interior se producen reacciones de fusión nuclear que liberan gran cantidad de energía. La energía irradiada que llega a la Tierra se aprovecha de dos formas básicas:

- **Aprovechamiento térmico:** la energía solar se recoge en espejos y se transmite a un fluido que aumenta su temperatura.
- **Aprovechamiento fotovoltaico:** las células fotovoltaicas son dispositivos que convierten la luz que reciben en energía eléctrica. Para ello se utilizan materiales semiconductores (silicio o germanio) que consiguen la conversión directa de energía luminosa en energía eléctrica.



La energía eólica



La energía eólica es una fuente renovable de energía.

Históricamente, esta energía se ha empleado, por ejemplo, para mover barcos o para moler grano en los molinos. Ahora se usa también para generar energía eléctrica.

¿Qué es la energía eólica?

Los vientos son una manifestación indirecta de la energía solar. El viento se produce por el diferente calentamiento de una región con respecto a otra; debido a esto, el aire caliente de la primera región, por ser más ligero que el aire frío, se eleva, dejando un hueco, que es rellenado por aire más frío que procede de la otra región. El aire frío en su desplazamiento es lo que conocemos como viento.

La energía eólica es inagotable, gratuita y no contamina; pero presenta el inconveniente de que es intermitente. Además, la energía que transportan los vientos es mucho menor que la irradiada por el Sol.

Por ello, esta energía se considera como energía menor, puesto que puede suplir alguna falta de energía, pero hoy no representa una gran fuente de abastecimiento para la humanidad.

Impacto en el medio de las centrales eólicas

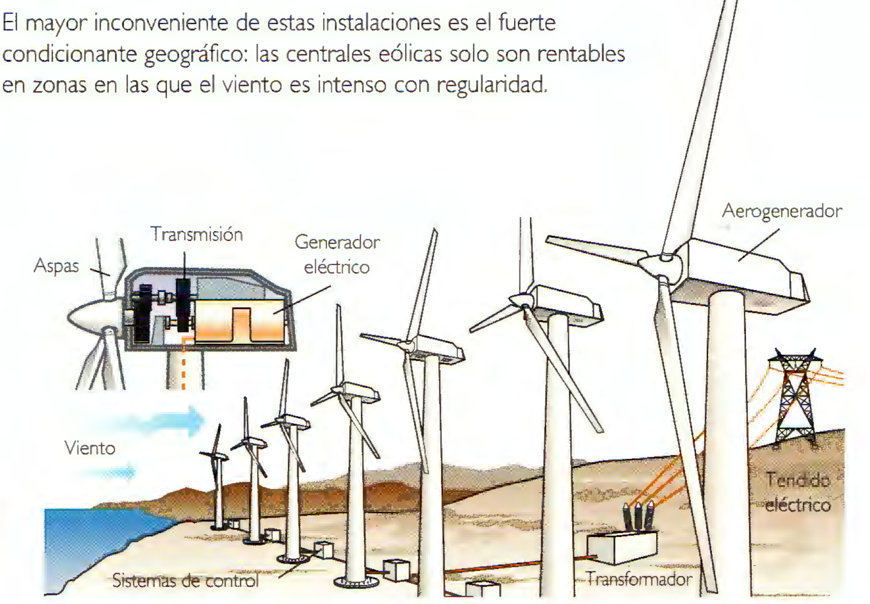
Al igual que las centrales solares, las centrales eólicas no emiten gases tóxicos a la atmósfera. Pero tienen influencias negativas en el medio ambiente:

- Si las centrales están construidas en las rutas de las aves migratorias, suelen coincidir con las zonas con mayores corrientes de aire, y pueden afectar considerablemente a las aves, ya que chocan con las aspas de los molinos.
- Ocupan una gran extensión de terreno.
- El impacto paisajístico es considerable, ya que están situadas en zonas altas.

Las centrales eólicas

En las centrales eólicas se aprovecha la energía del viento (cinética), que se transforma en energía eléctrica en unos aparatos llamados aerogeneradores. El viento mueve las aspas, y este movimiento se transmite mediante una serie de engranajes a un generador eléctrico.

El mayor inconveniente de estas instalaciones es el fuerte condicionante geográfico: las centrales eólicas solo son rentables en zonas en las que el viento es intenso con regularidad.



Conservación y degradación de la energía



La energía luminosa del Sol es absorbida por las hojas de las plantas, dando lugar a un proceso de enorme importancia para la vida: la fotosíntesis, que es el proceso por el cual las plantas fabrican sus propios alimentos a partir del agua, el dióxido de carbono (un gas que existe en la atmósfera) y la luz solar.

Si bien la energía se conserva, su degradación hace necesario el fomento de los hábitos de ahorro energético.

La energía se transforma

Como ya sabemos, la energía que usamos a diario puede transformarse de un tipo en otro. Así, un radiador eléctrico transforma la energía eléctrica en energía calorífica, una pila transforma la energía química en energía eléctrica, una lámpara transforma la energía eléctrica en energía luminosa, etc.

La energía cinética del viento se transforma en energía eléctrica (centrales eólicas), la energía luminosa procedente del Sol se transforma en calorífica (centrales solares térmicas), la energía química se transforma en calorífica (central térmica nuclear), etc.

Transformaciones energéticas

Energía inicial	Energía final	Aparato o máquina involucrado
Luminosa	Calorífica	Lupa
Luminosa	Eléctrica	Célula fotovoltaica
Química	Calorífica	Caldera
Química	Eléctrica	Pila
Química	Cinética	Motor de explosión
Cinética	Calorífica	Discos de freno
Cinética	Eléctrica	Generador
Eléctrica	Calorífica	Radiador
Eléctrica	Sonora	Altavoz
Eléctrica	Cinética	Motor eléctrico
Eléctrica	Luminosa	Lámpara
Potencial	Cinética	Caída de un cuerpo
Cinética	Potencial	Ascenso de un cuerpo

La energía se conserva: principio de conservación de la energía

Cuando la pila de una linterna se agota, ¿adónde ha ido a parar la energía química proporcionada por la pila? Esta energía se ha transformado en luz y en calor. Así pues, la energía no se pierde, sino que se transforma en otras formas de energía; es decir, la energía globalmente se conserva.

El principio de conservación de la energía fue enunciado por el médico y físico alemán J. R. Mayer (1814-1878) en 1842 y dice que:

La energía ni se crea ni se destruye, solo se transforma.

La energía **se conserva**, porque se transforma en otras formas de energía, y a la vez **se degrada**, porque se obtienen formas de energía de menor calidad; es decir, menos aprovechables.

? SABÍAS QUE...

Un camino... ¿equivocado?

Según se cuenta en algún libro de historia de la ciencia, en 1840, recién obtenido su título universitario, Mayer trabajaba como médico en un barco holandés que llegó hasta las Indias orientales. Por entonces se utilizaba la sangría porque, según se creía, la extracción de sangre ayudaba a soportar el calor de los trópicos. Cuando Mayer abrió la vena de un marinero, quedó asombrado del color tan claro que tenía, pareciéndose más al de la sangre de una arteria. Comprobó que sucedía lo mismo con la sangre venosa del resto de la tripulación y con la suya propia.

Comprendió lo que estaba pasando: la sangre venosa circulaba con una extraordinaria riqueza de oxígeno debido a que por el calor de los trópicos, el cuerpo tenía que quemar menos combustible y, por tanto, no necesitaba consumir tanto oxígeno para mantenerse caliente.

A partir de 1842 publicó sus primeros informes científicos intentando llamar la atención sobre estas ideas: todas las formas de calor y energía son intercambiables; no se crean, sino que cambian de unas formas a otras. Parece ser que su trabajo fue infravalorado porque, según la opinión de los físicos, había llegado a sus conclusiones por un *camino equivocado*.

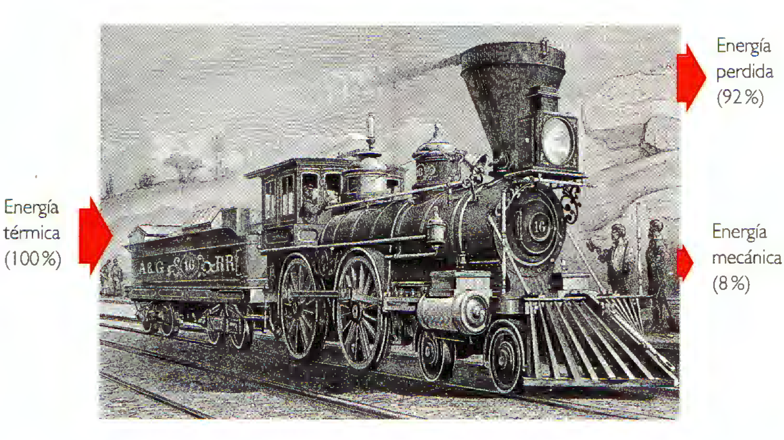
La energía se degrada

¿Qué significa que la energía se degrada? Significa que la energía pierde «calidad». Entendemos calidad de energía como la posibilidad de transformarse en otros tipos de energía. Así:

- Se dice que la energía eléctrica es una energía de alta calidad, porque puede transformarse fácilmente en muchas formas de energía.
- En cambio, la energía térmica se dice que es de baja calidad, porque solo una pequeña parte puede reutilizarse en otras formas de energía. Se dice que es la forma más degradada de energía.

En toda transferencia de energía se producen pérdidas, lo que hace que el proceso no sea totalmente eficiente.

En este caso hablamos del rendimiento de la transformación energética o del aparato transformador. Por ejemplo, si el rendimiento de una máquina de vapor es del 8 %, significa que de cien partes de energía térmica suministrada, solo ocho partes se convierten en energía mecánica. El resto se transforma en calor y se disipa en el ambiente, sin ser aprovechada de manera útil.



Pérdidas
Calor
Luz

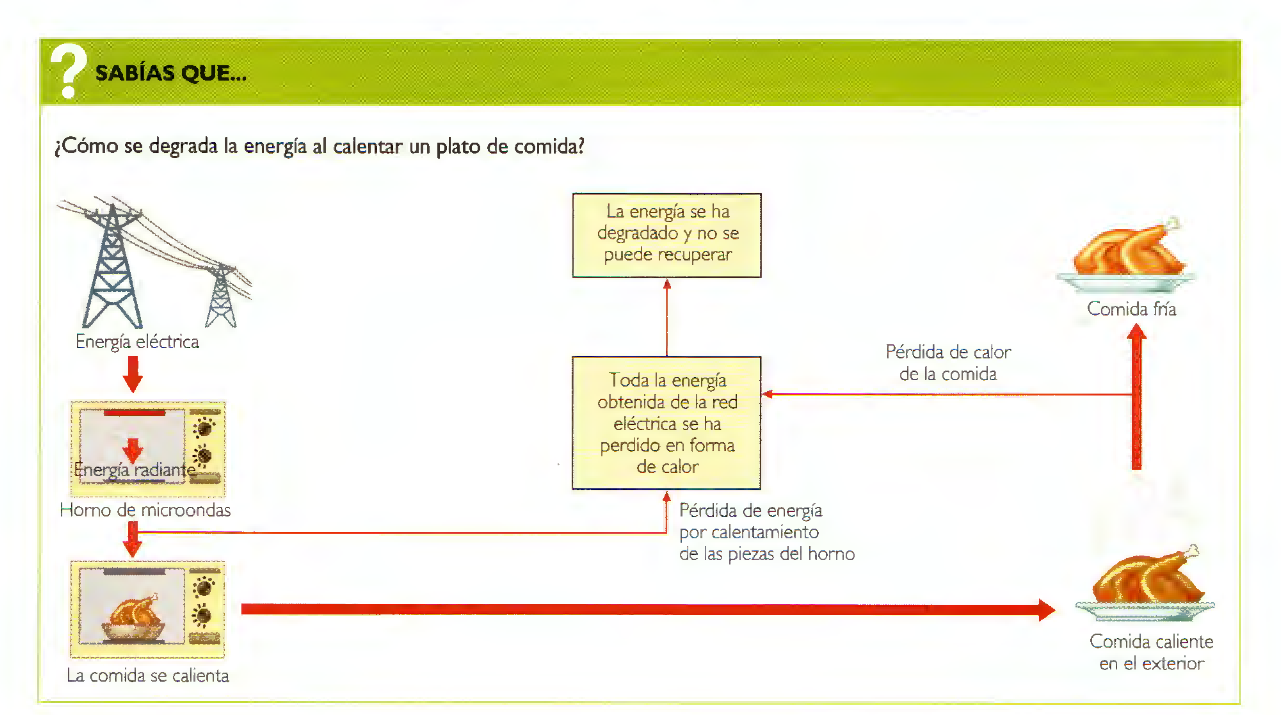
Energía en una lámpara. De la energía eléctrica suministrada:

- El 6 % se transforma en luz.
- El 70 % se transforma en calor.
- El 24 % se pierde en los materiales de conducción.

En el caso de lámparas de bajo consumo, el rendimiento energético es mayor; es decir, se aprovecha un mayor porcentaje de la energía para producir luz y, por consiguiente, se disipa una cantidad menor de energía en forma de calor.

SABÍAS QUE...

¿Cómo se degrada la energía al calentar un plato de comida?



El ahorro energético

¿Por qué es tan necesario el ahorro energético, si la energía se conserva, es decir, si no se destruye?

Necesidad de ahorro energético

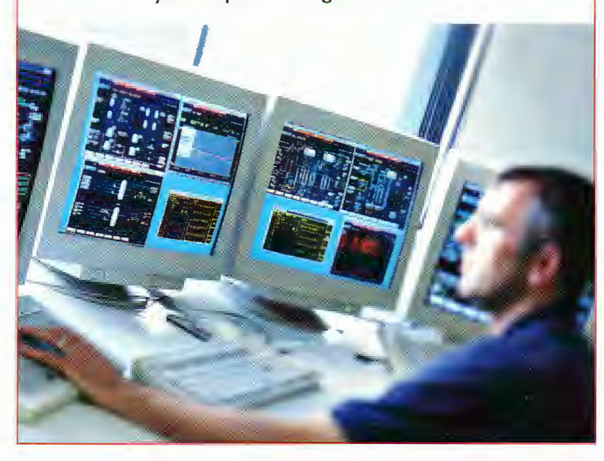
Es a partir de los años setenta del pasado siglo XX, con la crisis del petróleo, cuando los países industrializados toman conciencia de la necesidad de ahorrar energía. Las tres razones fundamentales que llevan a esta conclusión son:

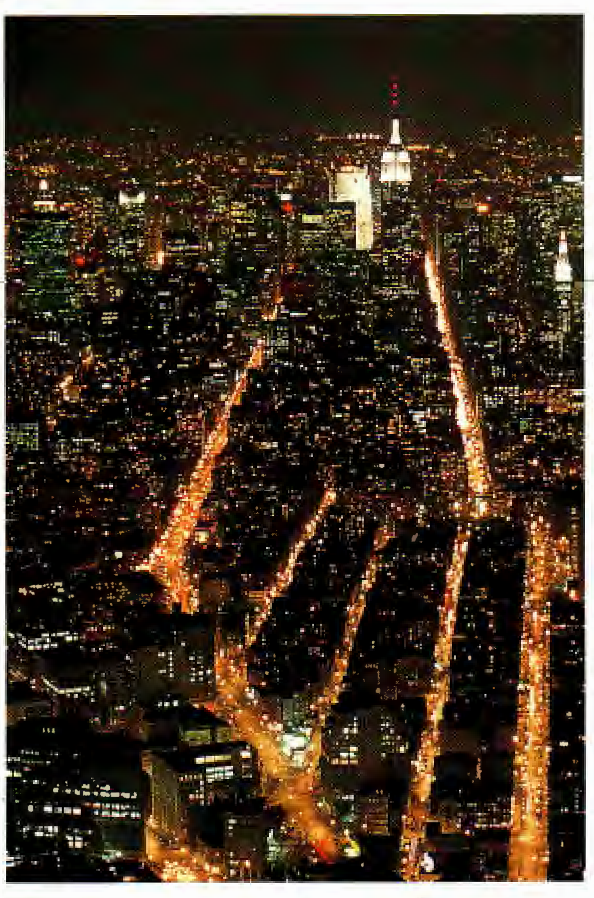
- Conforme ha ido aumentando el nivel y calidad de vida de las sociedades industrializadas se ha incrementado el consumo energético, lo que ha originado la desaparición progresiva de los recursos energéticos.
- El deseo de paliar los efectos negativos del uso abusivo de combustibles fósiles, que ha supuesto la emisión de gases contaminantes a la atmósfera. Consecuencias: el incremento del efecto invernadero y la lluvia ácida.
- La necesidad de abaratar los costes energéticos para disminuir la competitividad entre las industrias.

¿Qué es el consumo fantasma?

Muchos aparatos (TV, vídeos, microondas, contestadores automáticos, consolas de videojuegos...) siguen consumiendo energía si permanecen enchufados a la toma de corriente.

A este consumo se le denomina consumo fantasma. Desconéctalos cuando permanezcas fuera de la vivienda durante largos períodos de tiempo y no los estés utilizando. Tu economía y la del país te lo agradecerán.





¿Cómo se podría ahorrar energía en las ciudades? El ahorro energético es misión de todos: instituciones y ciudadanos.

Medidas de ahorro energético

Para ahorrar energía hay que empezar por su uso racional. Hay medidas tomadas desde los gobiernos que nos afectan a todos:

- Inversiones para investigación en nuevas fuentes de energías alternativas.
- Creación de plantas de reciclaje y recuperación de recursos.
- Concienciar a la población de la necesidad del ahorro energético.

Además, cada uno de nosotros puede contribuir individualmente en el uso racional de la energía de innumerables formas, como:

- Usando el transporte público.
- Consumiendo productos que conlleven menor gasto energético.
- Ahorrando en aparatos eléctricos en las casas, en las industrias…

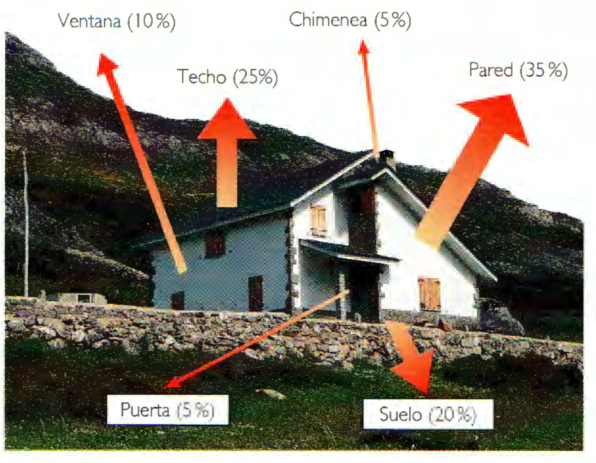
¿Cómo reducir el consumo energético en casa?

Para reducir el consumo de energía en el hogar se deben afrontar varios aspectos relacionados con el consumo y la eficiencia de los aparatos eléctricos o con las pérdidas energéticas.

- Utilizar bien los electrodomésticos. Por ejemplo, apagando las luces o los aparatos que no estamos utilizando, o usando eficientemente algunos electrodomésticos, como la lavadora y el lavavajillas (a plena carga) o la plancha (evitando encenderla para planchar una sola prenda).
- Usar aparatos eficientes. Las lámparas de bajo consumo, por ejemplo, son más eficientes que las lámparas de incandescencia tradicionales. Esto quiere decir que necesitan menos energía para producir la misma cantidad de luz. Otro ejemplo son los programas de lavado de media carga en lavadoras y lavavajillas, más cortos y que necesitan menos agua. En el caso de una aspiradora, por ejemplo, es interesante que el nivel de ruido sea bajo. Si un aparato produce un ruido más intenso, es porque transforma más energía en sonido.
- Evitar pérdidas energéticas. Si tapamos una cacerola, se alcanza antes la temperatura de cocción. También es interesante todo aquello relacionado con la refrigeración y la calefacción. Es conveniente cerrar la puerta de la heladera siempre que sea posible, o incluir en las viviendas medidas que eviten las pérdidas de calor: doble acristalamiento, aislantes en paredes, etc.

Aparato (potencia aproximada, W)	Transformaciones útiles	Transformaciones no útiles
Ventilador (100)	• Movimiento.	• Sonido. • Calor.
Aspiradora (1.500)	• Movimiento.	• Sonido. • Calor.
Lavadora (1.500)	• Movimiento. • Calor.	• Sonido.
Televisor (300)	• Luz. • Sonido.	• Calor.
Plancha (1.400)	• Calor.	
Microondas (1.000)	• Movimiento. • Calor. • Sonido.	• Sonido (una parte).
Lámpara (60)	• Luz.	• Calor.
Computadora (350)	• Luz. • Sonido.	• Calor. • Sonido (una parte).
Impresora (500)	• Movimiento.	• Sonido. • Calor.
Radiador (2.000)	• Calor.	

Transformaciones energéticas producidas en algunos aparatos domésticos.



¿Por dónde se pierde más energía? Para evitar pérdidas energéticas hay que aislar adecuadamente las viviendas.

? SABÍAS QUE...

¿Cómo elegir el tipo de lámpara?

En el mercado existen lámparas de distinto tipo en las que el procedimiento para transformar la energía eléctrica en luz es diferente. Las más conocidas son las lámparas de incandescencia (con un filamento), las fluorescentes (como las de bajo consumo) y las halógenas.

Las halógenas son las que más consumen (un foco pequeño puede alcanzar una potencia de hasta 200 W), mientras que las de bajo consumo son más eficientes (15 W de potencia típica). Las de incandescencia (25-100 W) son las más utilizadas hasta el momento.



El impacto ambiental del uso de la energía

Durante las etapas de producción, transporte y consumo de energía se producen acciones que dañan el medio ambiente, a veces con consecuencias completamente irreversibles.



Las industrias contribuyen al aumento de la contaminación con la emisión de gases contaminantes y residuos a los ríos.





Para producir energía, las personas hemos utilizado a lo largo de la historia diversos combustibles de los cuales se aprovechaba la energía química almacenada: madera, carbón, etc.

Si se prosigue con el ritmo actual, se estima que el petróleo no durará más allá de 50 años;el gas natural, un poco más de 60 años, y el carbón, unos 250 años (tomando como datos las reservas conocidas). La mayor parte de las materias primas citadas son extraídas de puntos muy alejados de los lugares de consumo y se han de transportar a grandes distancias. La energía se obtiene quemando esas materias o sus derivados. Todo ello está contribuyendo a que se produzcan graves daños al medio ambiente, como el efecto invernadero, la lluvia ácida, la contaminación atmosférica en las grandes ciudades, la contaminación marina por vertidos de petróleo al mar (accidentes de petroleros), etc.



Una mina a cielo abierto produce un tremendo impacto en el paisaje.

Impacto durante la producción

- Durante la fase de extracción de dichos combustibles se altera el ecosistema local. Por ejemplo, la explotación de una mina (ya sea subterránea o a cielo abierto) supone una intrusión tremenda para los animales y las plantas que viven en la zona. Además se incrementa la erosión.
- La instalación de una central eléctrica causa un importante impacto paisajístico. Incluso en el caso de energías limpias, como la solar o la eólica, el impacto sigue existiendo.
- Las centrales térmicas, por ejemplo, emiten a la atmósfera gases contaminantes (dióxido de carbono y otros). Estos gases pueden ser perjudiciales para la salud y contribuir al incremento del efecto invernadero en nuestro planeta.
- Los accidentes ocurridos en las centrales nucleares pueden afectar gravemente a la salud de las personas del entorno.

En definitiva, el impacto durante la producción es considerable.



Hundimiento del petrolero *Prestige* en noviembre de 2002 frente a las costas de Galicia (España).



Intentos de apagar un incendio a bordo de un barco de transporte de combustibles.

Impacto durante el transporte

La energía debe transportarse desde los yacimientos o las centrales hasta los lugares de consumo. Este transporte conlleva cierto riesgo. Pensemos, por ejemplo, en los vertidos de enormes petroleros en el mar, que tienen consecuencias dramáticas para la flora y la fauna locales, provocando daños que tardan varias décadas en desaparecer.

En los últimos años, además, se está prestando especial atención a los posibles daños causados por los tendidos eléctricos en sus inmediaciones. Los campos electromagnéticos producidos por los tendidos de alta tensión pueden afectar a la salud de las personas.



Nube de contaminación sobre París.

Impacto durante el consumo

La consecuencia más apreciable del uso de la energía son los gases desprendidos durante una combustión. Por ejemplo, cuando el motor de un automóvil quema la nafta o el gasoil. La llegada de la energía eléctrica ha reducido el impacto ambiental producido durante el consumo, aunque también hay máquinas eléctricas que producen, por ejemplo, mucho ruido.

Además, en algunos países se investiga si los usuarios de teléfonos móviles ponen en riesgo la salud por un uso continuado de estos aparatos, debido a las radiaciones electromagnéticas emitidas.



Tareas de limpieza en las playas de Galicia por la marea negra ocasionada por el *Prestige*.



Control de gases emitidos.

El trabajo mecánico

En física la palabra trabajo no tiene el mismo significado que en el lenguaje cotidiano. Por ejemplo, cuando sostenemos una maleta estamos realizando un esfuerzo, pero no realizamos trabajo. El trabajo está relacionado con la variación de energía.



Para realizar trabajo es necesario que exista un desplazamiento en una dirección que no sea perpendicular a la fuerza. El hecho de levantar las maletas, implica un trabajo; en cambio, al sostenerlas el trabajo realizado es cero.

¿Qué es el trabajo?

Consideremos un cuerpo al que se le aplica una fuerza mientras se desplaza en línea recta. El trabajo depende del valor de la fuerza, del desplazamiento del cuerpo y de la dirección o ángulo que forme la fuerza aplicada con el desplazamiento.

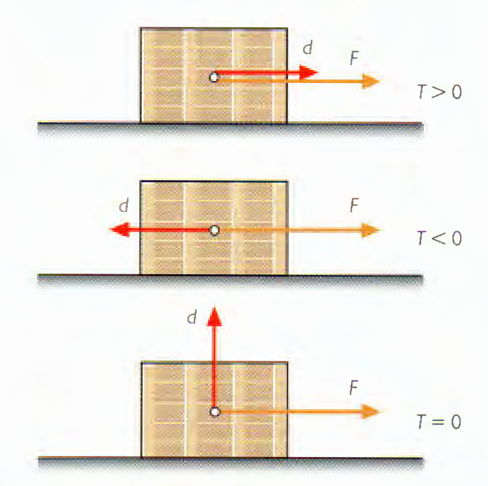
De forma general se puede expresar el trabajo T en función del ángulo que forma la fuerza F con el desplazamiento d utilizando la función trigonométrica coseno de un ángulo ($\cos \alpha$):

$$T = F \cdot d \cdot \cos \alpha$$

La unidad de trabajo en el Sistema Internacional (SI) es el julio (J). Un julio es el trabajo necesario para trasladar una fuerza de 1 N un espacio de 1 m.

$$1 \text{ J} = 1 \text{ N} \cdot 1 \text{ m}$$

Evidentemente, al ser el trabajo un intercambio de energía mecánica, las unidades de trabajo son las mismas que las de energía.



Signo del trabajo en función de las direcciones y sentidos relativos entre la fuerza ejercida y el desplazamiento.

- Cuando la fuerza que se realiza tiene la misma dirección y sentido que el desplazamiento, el coseno es igual a 1 y el trabajo es positivo:

$$T = F \cdot d$$

- Si esta fuerza tiene la misma dirección que el desplazamiento, pero sentido opuesto, el coseno es igual a −1 y su valor es negativo:

$$T = -F \cdot d$$

- Si la fuerza es perpendicular al desplazamiento, el coseno es igual a 0 y el valor del trabajo es nulo:

$$T = 0$$

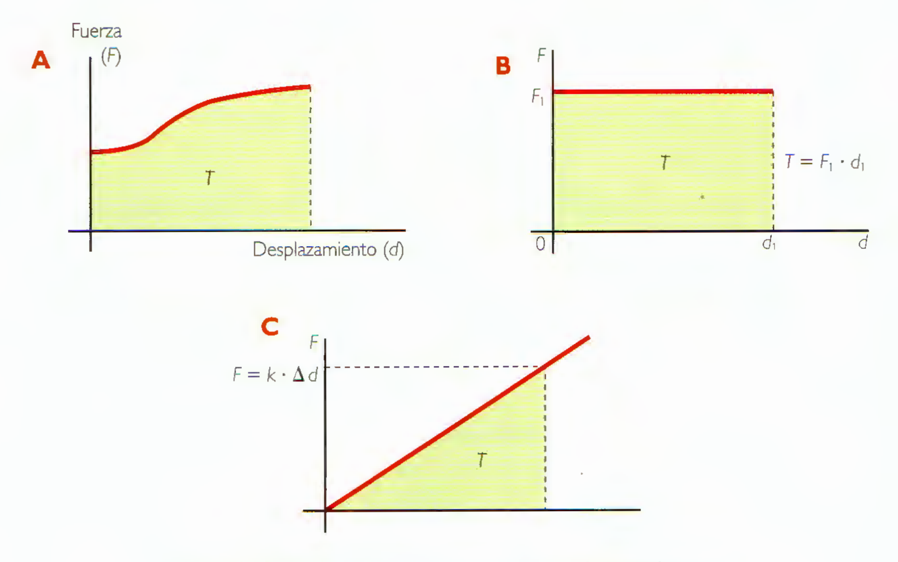
Si la fuerza forma un ángulo comprendido entre 0° y 90°, el trabajo es positivo y varía desde su valor máximo (0°) hasta 0 (90°).

Si el ángulo está comprendido entre 90° y 180°, el trabajo es negativo y varía entre 0 y el mayor valor negativo.

Representación gráfica del trabajo

La representación del módulo de la fuerza que actúa en la dirección y sentido del movimiento nos proporciona una manera de calcular el valor del trabajo realizado. El valor numérico del trabajo vendrá dado por el área de color verde en la figura A.

Cuando el módulo de la fuerza es constante, el trabajo es el área de un rectángulo (fig. B). En el caso de una fuerza que sea, en módulo, directamente proporcional al desplazamiento (fig. C), el trabajo coincide con el área de color verde.



Representación gráfica del trabajo realizado por diferentes fuerzas.

Trabajo de la fuerza de rozamiento

El trabajo realizado por la fuerza de rozamiento resulta fácil de calcular, ya que podemos considerarla constante y su dirección coincide con la del movimiento, pero de sentido contrario. El trabajo realizado será siempre negativo y de valor:

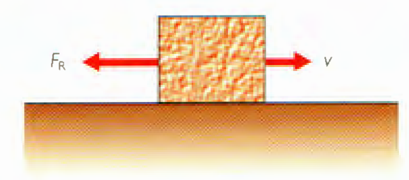
$$T = -F \cdot d = -\mu N d$$

donde:

μ es valor del coeficiente de rozamiento;

N es el valor de la fuerza normal entre el cuerpo y la superficie;

d es el espacio recorrido.



La fuerza de rozamiento es constante y su dirección coincide con la del movimiento, pero de sentido contrario.

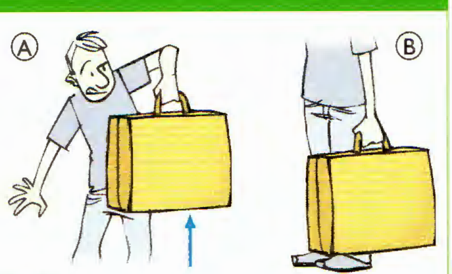


CÓMO HACER

Un chico tiene que hacer estas dos acciones:

- **Subir una maleta que pesa 400 N a una altura de 1 m.**
- **Sostener la maleta durante una hora.**

Calcular el trabajo que ha realizado el chico.



En el primer caso, Ⓐ, el chico realiza un trabajo:

$$T = F \cdot d = 400\ \text{N} \cdot 1\ \text{m} = 400\ \text{J}$$

En el segundo caso, Ⓑ, el chico realiza un esfuerzo para sostener la maleta, pero desde el punto de vista físico no hay trabajo, ya que no se produce desplazamiento.

La potencia mecánica



Los intercambios de energía se realizan a lo largo del tiempo. Para relacionar energía y tiempo, se define una nueva magnitud física que no solo considere la energía intercambiada, sino el tiempo en el que se ha producido el intercambio. Esta magnitud es la potencia.



¿Cuál de los dos coches desarrolla más potencia?

El primer coche circula despacio, pero el segundo corre al máximo de sus posibilidades.

Los motores de ambos no funcionan de igual forma, por tanto, no desarrollan la misma potencia.

¿Qué es la potencia?

La física ha establecido una magnitud para medir la rapidez con la que se realiza un trabajo: la potencia mecánica (*P*).

Se llama potencia mecánica, o simplemente potencia (*P*), al resultado de dividir el trabajo realizado (*T*) entre el tiempo empleado para realizarlo (*t*).

$$P = \frac{T}{t}$$

La unidad de potencia en el Sistema Internacional (SI) es el vatio (W), que se define como la potencia de un motor que es capaz de realizar un trabajo de 1 julio en 1 segundo. Un múltiplo es el kilovatio (kW).

$$1\ \text{W} = 1\ \text{J}/1\ \text{s}$$

$$1\ \text{kW} = 1.000\ \text{W}$$

Sobre todo en el mundo del motor, se ha extendido el uso de otra unidad de potencia: el caballo de vapor (CV):

$$1\ \text{CV} = 736\ \text{W}$$

Algunas potencias de interés

Ejemplo	Potencia (W, aprox.)	Potencia (CV)
Potencia muscular de una persona	200	0,27
Potencia media de un caballo	736	1
Grúa	30.000	40
Motor de un coche	73.600	100
Motor de un camión	220.000	300
Motor de fórmula 1	660.000	900
Locomotora	740.000-6.000.000	1.000-8.000
Motor de avión a reacción	15.000.000	20.000
Lanzadera espacial	$1,5 \cdot 10^{10}$	20.000.000

Potencia y trabajo

El julio es una unidad demasiado pequeña para medidas normales de la vida ordinaria. Por eso se han definido otras dos unidades de trabajo muy útiles, aunque no pertenecen al Sistema Internacional.

El vatio hora (Wh) es el trabajo que realiza una máquina de 1 vatio de potencia trabajando durante 1 hora (3.600 s). La equivalencia entre el Wh y el julio es:

$$T = P \cdot t = 1\ \text{W} \cdot 3.600\ \text{s} = 3.600\ \text{J} \rightarrow 1\ \text{Wh} = 3.600\ \text{J}$$

El kilovatio hora (kWh) es el trabajo que realiza una máquina de 1 kW trabajando durante 1 hora.

$$1\ \text{kWh} = 10^3\ \text{Wh} = 3.600.000\ \text{J}$$



Para izar la carga, la grúa tarda menos tiempo que una persona, ya que desarrolla una potencia mayor.

Potencia máxima

Hay que distinguir entre potencia teórica y potencia útil, que siempre es algo menor.

El rendimiento (η) de un motor indica la relación entre la potencia útil y la potencia teórica. Se expresa en tanto por ciento (%).

$$\eta = \frac{\text{Potencia útil}}{\text{Potencia teórica}} \cdot 100$$

Potencia y velocidad

En ocasiones es útil expresar la potencia del motor de un automóvil en función de la velocidad a la que se desplaza:

Los siguientes cálculos se refieren a un movimiento uniforme:

$$P = \frac{T}{t} = \frac{F \cdot d}{t} = F \cdot \frac{d}{t} \rightarrow P = F \cdot v$$

Es decir, podemos conocer la potencia a partir de la fuerza desarrollada y la velocidad a la que se desplaza el automóvil.

CÓMO HACER

- **Hay que elevar al tercer piso de un edificio en construcción (6 m) un palet de 10 sacos de cemento. Cada uno de ellos tiene 20 kg de masa. Una grúa lo hace en 4 s, mientras que un obrero tarda 20 min. ¿Quién realiza más trabajo, la grúa o el obrero?**

  Los dos realizan el mismo trabajo.

  $$T = F \cdot d = m \cdot g \cdot d =$$
  $$= 200\ \text{kg} \cdot 9{,}8\ \text{N/kg} \cdot 6\ \text{m} = 11.760\ \text{J}$$

  - Grúa: $P = \frac{T}{t} = \frac{11.760\ \text{J}}{4\ \text{s}} = 2.940\ \text{W} =$
    $= 2{,}94\ \text{kW} = 4\ \text{CV}$
  - Obrero: $P = \frac{T}{t} = \frac{11.760\ \text{J}}{1.200\ \text{s}} = 9{,}8\ \text{W} =$
    $= 0{,}0098\ \text{kW} = 0{,}013\ \text{CV}$

  La grúa desarrolla una potencia mucho mayor que el obrero.

- **Un motor de 75 W teóricos tarda 2 min en elevar 20 L de agua a 25 m de altura. ¿Cuál es el rendimiento del motor?**

  El trabajo realizado por el motor será:

  $$T = F \cdot d \rightarrow T = m \cdot g \cdot d$$

  20 L de agua tienen una masa de 20 kg, de forma que su peso será:

  $$20\ \text{kg} \cdot 9{,}8\ \text{N/kg}$$

  y el trabajo realizado será:

  $$T = 20\ \text{kg} \cdot 9{,}8\ \text{N/kg} \cdot 25\ \text{m} = 4.900\ \text{J}$$

  Por tanto, la potencia útil es:

  $$P = \frac{T}{t} = \frac{4.900\ \text{J}}{120\ \text{s}} = 40{,}8\ \text{W}$$

  El rendimiento es la relación entre la potencia útil y la teórica:

  $$\eta = \frac{40{,}8}{75} \cdot 100 = 54{,}4\,\%$$

La energía mecánica: energía cinética y energía potencial

La energía mecánica es la que tienen los cuerpos en razón de su movimiento (energía cinética), de su posición en un campo gravitatorio (energía potencial gravitatoria), y de su estado de deformación elástica (energía potencial elástica).

La energía cinética y la energía potencial varían desde que una persona se encuentra en lo alto del tobogán hasta que llega al agua.

La energía cinética

Los cuerpos pueden realizar un trabajo por el hecho de estar en movimiento, es decir, los cuerpos en movimiento tienen energía. Esta forma de energía mecánica se llama energía cinética (E_C).

Cuando un cuerpo está en movimiento, tiene una cierta velocidad. Ya sabes que, para pasar del estado de reposo a movimiento, hay que aplicar una fuerza, que multiplicada por el desplazamiento del cuerpo es igual al trabajo realizado.

Calculemos ese trabajo:

$$T = F \cdot d$$

Si el cuerpo parte del reposo, el espacio recorrido será:

$$d = \frac{1}{2} at^2$$

Y, según la ecuación fundamental de la dinámica:

$$T = m \cdot a \cdot d = m \cdot a \cdot \frac{1}{2} at^2 \rightarrow T = \frac{1}{2} m\,(at)^2 = \frac{1}{2} mv^2$$

Por tanto, la energía de un cuerpo en movimiento (E_C) es:

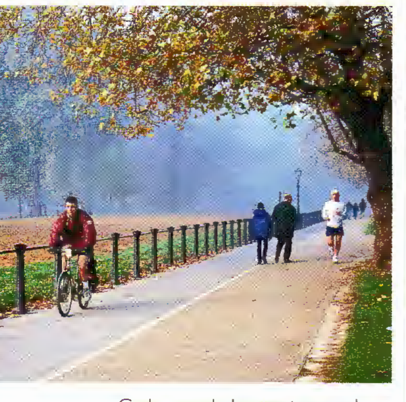
$$E_C = \frac{1}{2} m\,v^2$$



La energía de la bola en movimiento sirve para derribar los bolos.

En ocasiones resulta difícil conocer la fuerza que ha actuado sobre el cuerpo, pero si conocemos la variación de velocidad, podemos saber cuál es el trabajo efectuado sobre el cuerpo, que corresponde a la variación de energía cinética:

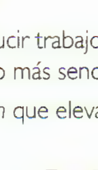
$$\left.\begin{aligned} E_{C_1} &= \frac{1}{2} m\,v_1^2 \\ E_{C_2} &= \frac{1}{2} m\,v_2^2 \end{aligned}\right\} T = E_{C_2} - E_{C_1} = \Delta E_C$$



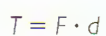
Cada uno de los peatones, el corredor y el ciclista poseen diferentes energías cinéticas.

La energía potencial

La capacidad de un cuerpo de producir trabajo por el hecho de estar a una cierta altura se llama energía potencial gravitatoria, o más sencillamente, energía potencial (E_P).



Consideramos un cuerpo de masa m que elevamos ejerciendo una fuerza (F). El trabajo realizado será:



$$T = F \cdot d$$

Donde el desplazamiento (d) lo consideraremos como altura (h) y la fuerza realizada para elevarlo ha de equilibrar al peso, pero con sentido opuesto, para que pueda elevarse:

$$F = P = m \cdot g$$

Sustituyendo la fuerza por el valor del peso y el desplazamiento por la altura en la definición de trabajo, obtenemos:

$$T = F \cdot d = m \cdot g \cdot h$$

Por tanto, la energía de un cuerpo en reposo que se encuentra a una altura, h, (E_P) es:

$$E_P = m \cdot g \cdot h$$

La energía potencial equivale al trabajo que ha costado elevar el objeto de masa m a la altura h.

Hemos supuesto que la $E_P = 0$ cuando estamos en la superficie terrestre, que consideramos $h = 0$. Si el desplazamiento es horizontal, no hay variación de altura y, por tanto, la variación de la energía potencial es nula.

Existen otros tipos de energía potencial, como la energía que se acumula en los cuerpos elásticos al deformarlos (un arco). Cuando cesa la deformación, la energía acumulada produce el desplazamiento de la flecha y el incremento de su energía cinética. A este tipo se le llama energía potencial elástica.



Una pelota situada a cierta altura tiene **energía potencial gravitatoria**. A medida que cae, aumenta su velocidad y, por tanto, su energía cinética.

La energía mecánica

A la suma de la energía cinética y la energía potencial (elástica y gravitatoria), la denominamos energía mecánica.

$$E_{\text{mecánica}} = E_C + E_P$$

El valor que se asigna a la energía es relativo. En el caso de la energía cinética depende del sistema de referencia, pues el movimiento de una persona por el pasillo de un autobús resulta ser diferente considerado respecto de otra persona o considerado respecto de una farola de la calle. En el caso de la energía potencial depende del nivel de altura considerado.



Un arco tensado tiene **energía potencial elástica**. Cuando se suelta, esta energía se comunica a la flecha.



CÓMO HACER

- **¿Cuánta energía cinética posee un móvil que se está moviendo con una velocidad de 120 km/h si su masa es de 1.000 kg?**

$$v = 120\,\frac{\text{km}}{\text{h}} = 120\,\frac{\text{km}}{\text{h}} \cdot 1.000\,\frac{\text{m}}{\text{km}} \cdot \frac{1\text{ h}}{3.600\text{ s}} = \frac{120 \cdot 1.000}{3.600}\,\frac{\text{m}}{\text{s}} = 33,\hat{3}\text{ m/s}$$

Sustituimos los datos en la definición matemática de la energía cinética y operamos:

$$E_C = \frac{1}{2} \cdot m \cdot v^2 = \frac{1}{2} \cdot 1.000\text{ kg} \cdot \left(33,\hat{3}\,\frac{\text{m}}{\text{s}}\right)^2 = 500\text{ kg} \cdot 1.111,\hat{1}\,\frac{\text{m}^2}{\text{s}^2} =$$

$$= 555.555,\hat{5}\text{ kg} \cdot \frac{\text{m}^2}{\text{s}^2} \rightarrow E_C = 5,\hat{5} \cdot 10^5\text{ J}$$

- **Calcular la energía potencial que tendrían unas pesas de 80 kg si las levantara una atleta hasta una altura de 2 m.**

Datos: $m = 80$ kg ; $g = 9,8$ m/s^2 ; $h = 2$ m

$$E_P = m \cdot g \cdot h = 80\text{ kg} \cdot 9,8\,\frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot 2\text{ m} = 1.568\text{ kg} \cdot \frac{\text{m}^2}{\text{s}^2} = 1.568\text{ J}$$

El principio de **conservación de la energía**

En una bombilla, por ejemplo, la energía se conserva: la energía eléctrica se convierte en energía radiante y en calor. ¿Qué sucederá con la energía mecánica?

¿Se conserva la energía mecánica?

Una situación especialmente interesante sucede cuando la fuerza peso es la única que realiza trabajo exterior sobre el sistema, es decir, o no se ejercen otras fuerzas exteriores su trabajo total es nulo. En este caso, el trabajo del peso cambia la energía cinética y la potencial gravitatoria, en igual medida pero distinto signo, de manera que no cambia la energía mecánica del sistema:

$$\text{Si } T_{ext} = T_{peso} \rightarrow \Delta E = 0$$

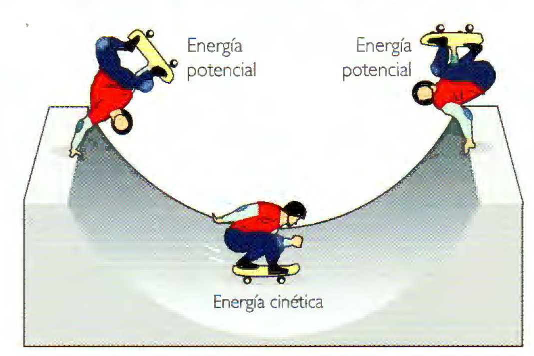
Por ello el peso es una **fuerza conservativa**, ya que conserva la energía mecánica del sistema.

En cambio, podemos decir que el trabajo realizado por fuerzas externas **no conservativas** (como el rozamiento) es igual a la variación de la energía mecánica del sistema:

$$T_{No\ cons} = \Delta E_P + \Delta E_C = (E_{P\ final} - E_{P\ inicial}) + (E_{C\ final} - E_{C\ inicial}) = \Delta E$$

En síntesis, la energía mecánica de un sistema se conserva si solo trabajan fuerzas conservativas (como el peso). En ese caso, el aumento de EC es a expensas de la disminución de EP, y viceversa.

Por ejemplo, una niña desciende por un tobogán con rozamiento despreciable, la energía potencial que tenía cuando estaba arriba se convertirá en energía cinética al descender. En el caso del patinador de la ilustración siguiente, la energía cinética y la potencial se van transformando una en otra según se mueve de un lado para otro.



¿Cómo varía la energía durante el recorrido?

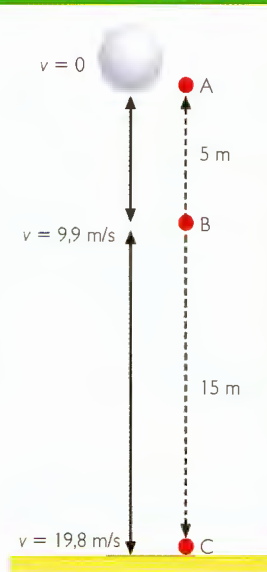
En ocasiones podemos creer que la energía desaparece cuando no descubrimos en qué se ha convertido. Por ejemplo, cuando un automóvil frena, la energía cinética que tenía el coche se convierte fundamentalmente en calor y aumenta la temperatura del sistema de frenado, de los neumáticos y del asfalto; también, con el rozamiento con el aire se genera calor.

Otro tipo de energía que, como el calor, se disipa en muchos procesos es el ruido (energía sonora).



CÓMO HACER

- **Una bola tiene una masa de 500 g y se deja caer desde una altura de 20 m. Se ha medido su velocidad en tres puntos de su trayectoria, A, B y C. ¿Cuál será la energía mecánica total de la bola a lo largo de su recorrido?**



  - En el punto A:

$$E_P = m \cdot g \cdot h = 0,5 \text{ kg} \cdot 9,8 \text{ N/kg} \cdot 20 \text{ m} = 98 \text{ J}$$

$$E_C = \frac{1}{2} m \cdot v^2 = \frac{1}{2} 0,5 \cdot 0 = 0$$

$$E_{Mecánica} = E_P + E_C = 98 \text{ J}$$

  - En el punto B:

$$E_P = m \cdot g \cdot h = 0,5 \text{ kg} \cdot 9,8 \text{ N/kg} \cdot 15 \text{ m} = 73,5 \text{ J}$$

$$E_C = \frac{1}{2} m \cdot v^2 = \frac{1}{2} 0,5 \cdot 9,9^2 = 24,5 \text{ J}$$

$$E_{Mecánica} = E_P + E_C = 98 \text{ J}$$

  - En el punto C:

$$E_P = m \cdot g \cdot h = 0,5 \text{ kg} \cdot 9,8 \text{ N/kg} \cdot 0 = 0$$

$$E_C = \frac{1}{2} m \cdot v^2 = \frac{1}{2} 0,5 \cdot 19,8^2 = 98 \text{ J}$$

$$E_{Mecánica} = E_P + E_C = 98 \text{ J}$$

- **Un niño alcanza una altura máxima de 1 m cuando se balancea –sin tocar el piso– en un columpio que, en reposo vertical, estaría a 0,5 m del suelo.**

  a) ¿Cuál es la velocidad máxima que puede conseguir?

  b) ¿Depende esta velocidad de la masa del niño que se balancea?

a) Aplicando el principio de conservación de la energía mecánica al niño en los puntos más alto (A) y más bajo (B) del recorrido en la oscilación tenemos:

$$(E_C + E_P)_A = (E_C + E_P)_B$$

Sabiendo que en el punto A la velocidad debe ser cero y, en consecuencia, su energía cinética también:

$$0 + mgh_A = \frac{1}{2} m v_B^2 + mgh_B \rightarrow mgh_A - mgh_B = \frac{1}{2} m v_B^2$$

$$v_B^2 = 2\,g\,(h_A - h_B) \Rightarrow v_B = \sqrt{(2 \cdot 9,8 \cdot 0,5)} = \sqrt{9,8} = 3,13 \text{ m/s}$$

b) Resulta evidente que este valor de velocidad no depende de la masa y coincide con el valor que alcanza un cuerpo en caída libre desde una altura igual a $h_A - h_B$.

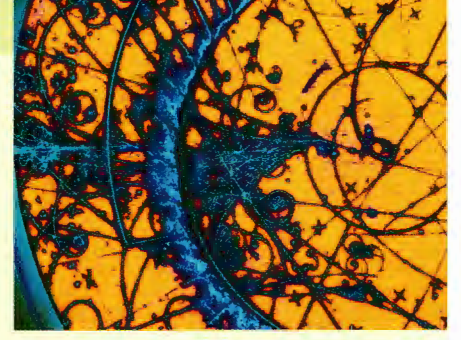


PARA SABER MÁS

La equivalencia entre masa y energía

En las reacciones nucleares parece que se crea energía de la nada, aunque no es cierto. En este caso, la energía se genera a partir de la materia, ya que ambas magnitudes son intercambiables entre sí según la famosa ecuación de Einstein: $E = mc^2$, donde E es la energía, m es la masa y c es la velocidad de la luz en el vacío (300.000 km/s).

En los aceleradores de partículas podemos tener la situación inversa; ahí se genera materia a partir de energía. Por ejemplo, haciendo chocar dos protones moviéndose a una velocidad cercana a la de la luz podemos obtener cuatro o más protones. Pero el resultado neto cumple la ley de conservación de la masa-energía. Y hace falta mucha energía para crear materia. Para crear un gramo de materia hacen falta $9 \cdot 10^{13}$ J.



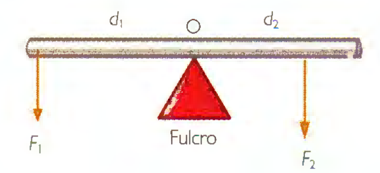
Trayectorias de diferentes partículas en un experimento. (Foto: CERN.)

Aplicación a herramientas y máquinas

Las máquinas y herramientas no ahorran trabajo, pero permiten realizar tareas aplicando una fuerza menor, es decir, con menos esfuerzo. Esto lo corroboró Arquímedes con su famosa frase: «Dadme un punto de apoyo y moveré el mundo».

Equilibrio de una barra: ley de la palanca

Un caso de equilibrio de excepcional interés es el de una barra rígida que se apoya en un punto o fulcro (O). A ambos lados del fulcro se aplican dos fuerzas, F_1 y F_2, a las distancias respectivas del fulcro, d_1 y d_2.



Se cumple que: $F_1 \cdot d_1 = F_2 \cdot d_2$

Esta fórmula recibe el nombre de ley del equilibrio de una barra apoyada o también ley de la palanca.

El producto de una fuerza por su distancia al fulcro tiene que ser igual al producto de la otra fuerza por su distancia respectiva al fulcro para conseguir que la barra esté en equilibrio.

Habitualmente la ley se escribe así:

$$F_R \cdot b_R = F_M \cdot b_M$$

- F_R: fuerza resistente.
- b_R: brazo resistente.
- F_M: fuerza motriz.
- b_M: brazo motor.

De esta ley se hace uso para construir palancas.
Las palancas son máquinas sencillas que se diseñan casi siempre con el objetivo de vencer una elevada fuerza resistente (F_R), aplicando una fuerza motriz (F_M) más pequeña. Para vencer esa fuerza, y teniendo en cuenta la ley de equilibrio, se hace que la distancia de la fuerza resistente al fulcro o brazo resistente sea menor que el brazo motor (b_M).

Pero el trabajo que realizamos para levantar un peso con una palanca es el mismo que si no utilizamos la palanca; lo que ocurre es que ejercemos una fuerza menor (realizamos menos esfuerzo) pero recorremos más espacio empujando el brazo motor.



Palanca de primer género. El fulcro o punto de apoyo se sitúa entre la fuerza resistente y la fuerza motriz. Un ejemplo es la balanza romana. La fuerza obtenida puede ser mayor o igual que la fuerza aplicada.

Palanca de segundo género. La fuerza resistente se sitúa entre el fulcro y la fuerza motriz. Un ejemplo es la carretilla. La fuerza obtenida es siempre mayor que la fuerza aplicada.

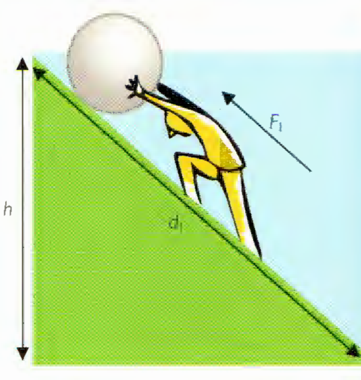
Palanca de tercer género. La fuerza motriz se sitúa entre el fulcro y la fuerza resistente. Un ejemplo es la pinza. La fuerza obtenida es siempre menor que la fuerza aplicada.

La polea fija

En la polea fija se cumple que $b_M = b_R$, luego no se amplifica la fuerza. Sin embargo, se utiliza la polea porque la fuerza motriz se aplica más cómodamente.

En efecto, si intentamos sacar un cubo lleno de agua de un pozo con una cuerda, ejercemos realmente la misma fuerza con polea y sin ella. Pero si utilizamos una polea y tiramos de la cuerda hacia abajo, nuestro propio peso nos ayuda a ejercer dicha fuerza y a levantar el cubo.

$b_M = b_R$



Más fuerza, menos distancia.

El plano inclinado

Otra aplicación sencilla muy útil para elevar pesos es el plano inclinado.

Los dos planos inclinados de la derecha tienen diferentes pendientes. ¿En qué caso debemos realizar menos esfuerzo para elevar la bola? ¿Cuál es el trabajo realizado en cada caso?

El trabajo realizado es el mismo en ambos casos, y coincide con la variación de energía potencial de la bola:

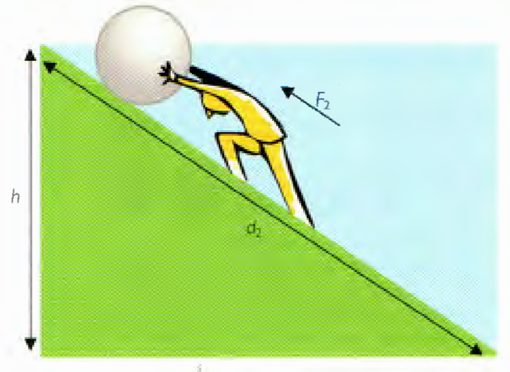
$$T = m \cdot g \cdot h = F_1 \cdot d_1 = F_2 \cdot d_2$$

$$\frac{F_2}{F_1} = \frac{d_1}{d_2} \rightarrow F_2 = \frac{d_1}{d_2} \cdot F_1$$

Y como d_2 es mayor que d_1 (el plano 2 está menos inclinado y la rampa 2 es más larga), entonces F_2 será más pequeña que F_1.

Es decir, en el plano menos inclinado tenemos que realizar un menor esfuerzo: F_2, aunque lo debemos mantener hasta recorrer una mayor distancia: d_2.

Utilizar rampas no nos ahorra trabajo, pero permite subir pesos aplicando una fuerza menor.



Menos fuerza, más distancia.

LECTURA

La construcción de pirámides

¿Cómo construyeron los antiguos egipcios las enormes pirámides? Algunas de estas pirámides están elaboradas con piedras de varias toneladas de masa cada una.

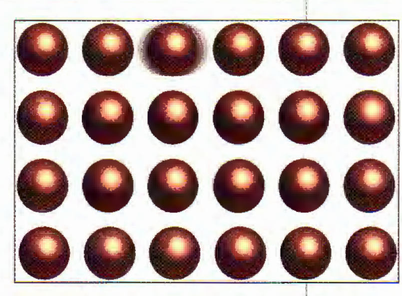
Se han barajado distintas hipótesis, aunque la más admitida actualmente es que se utilizaron planos inclinados elaborados acumulando arena para subir las pesadas piedras. Multitud de obreros tiraban de las piedras hasta colocarlas en la posición que conservan ¡5.000 años después!

Utilizando planos inclinados disminuye el esfuerzo que debe hacer cada obrero para elevar la piedra hasta la altura deseada. Además, parece ser que se ayudaban de maderas colocadas bajo las piedras (a modo de trineo) para reducir la fuerza de rozamiento. Evidentemente, al utilizar planos inclinados, era necesario recorrer una mayor distancia hasta colocar la piedra en el lugar deseado.

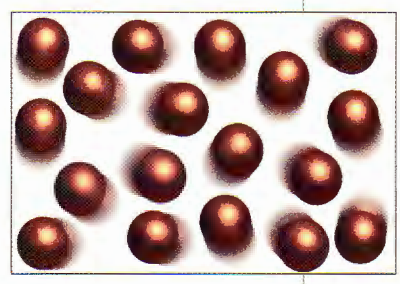
Pirámide de Micerinos (Egipto).

La temperatura. Equilibrio térmico

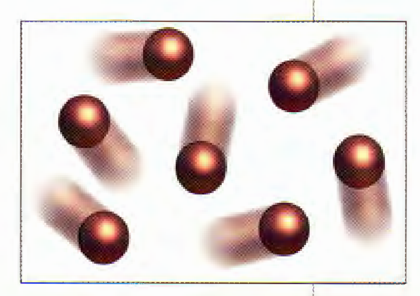
Las personas percibimos la temperatura de un sistema físico a través del sentido del tacto. Cuando tocamos objetos cuya temperatura es menor de 37 °C, notamos una sensación de frío. Si están a más de 37 °C, notamos calor.



En los sólidos, las partículas están muy juntas y ordenadas; solo pueden realizar pequeños movimientos de vibración en torno a una posición de equilibio.



En los líquidos, las fuerzas entre partículas son menos intensas y las partículas tienen cierta libertad para moverse.



En los gases, las partículas pueden moverse libremente en todas las direcciones.

La teoría cinética y la temperatura

De acuerdo con la teoría cinético-molecular de la materia, los cuerpos están formados por partículas (moléculas, átomos e iones) que están en continuo movimiento.

Es decir, a nivel microscópico, las partículas que forman la materia que nos rodea (átomos, moléculas, iones...) se mueven constantemente y tienen, por tanto, cierta energía cinética.

- En un sólido, los átomos guardan sus posiciones realizando solamente movimientos de vibración y rotación.
- En los fluidos (gases y sólidos), las partículas están libres y, por tanto, pueden desplazarse también por el recipiente.

La cantidad de **energía cinética media** que tienen las partículas de un cuerpo se refleja en su **temperatura**.

Un aumento en la temperatura de cualquier cuerpo (sólido, líquido o gas) nos informa de un aumento en la agitación de las partículas del mismo.

- Cuando las partículas se mueven deprisa, el cuerpo se encuentra a temperatura elevada.
- Cuando las partículas se mueven más despacio, el cuerpo se encuentra a baja temperatura.

La temperatura es una magnitud relacionada con la energía cinética media que tienen las partículas de un cuerpo. La unidad de temperatura en el SI es el kelvin (K).

Cuando decimos que un sólido o un líquido está más caliente que otro, realmente estamos indicando que las partículas que forman uno de ellos se están moviendo más deprisa que las del otro.

Equilibrio térmico

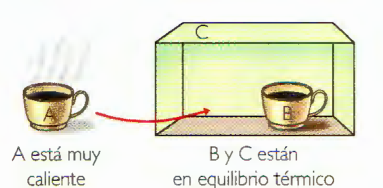
La medida de la temperatura como magnitud física adquiere sentido a partir de la idea de equilibrio térmico.

Un sistema físico (que no esté aislado térmicamente) se encuentra en equilibrio térmico con el ambiente que lo rodea si no intercambia calor con él, lo cual implica que ambos se encuentran a la misma temperatura.

Si no lo están, es porque llevan en contacto menos tiempo del necesario para que se alcance el equilibrio, pero si los dejamos juntos el tiempo suficiente, acabarán por alcanzar la misma temperatura, llamada **temperatura de equilibrio**.

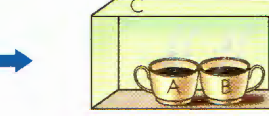
Principio cero de la termodinámica

Si dos sistemas situados en contacto térmico con un tercero están en equilibrio con él, entonces ambos sistemas están en equilibrio térmico entre sí.



A está muy caliente

B y C están en equilibrio térmico



A, B y C están en equilibrio térmico

Los termómetros

Ciertas cualidades físicas de los sistemas se modifican al calentarse o enfriarse:

- Las dimensiones de un metal.
- La presión de un gas.
- La resistencia de un conductor.
- La corriente generada en una soldadura de dos metales.

La relación entre la variación del valor de alguna de estas magnitudes y el grado de calor o frío permite definir una escala termométrica y un termómetro.

Un termómetro es un **aparato utilizado para medir temperaturas**.

Algunos termómetros tienen una columna de líquido (mercurio o alcohol) que aumenta su volumen al elevarse la temperatura. La lectura se realiza sobre una escala graduada en función de la altura alcanzada por el líquido.



Termómetro de mercurio.



Termómetro digital.

LECTURA

Elección de sustancias termométricas

Como los sólidos son muy poco dilatables, los cuerpos utilizados ordinariamente en termometría son los líquidos. Sin embargo, los físicos utilizan también la dilatación de los gases en la termometría de precisión.

El mercurio es el líquido termométrico por excelencia: primero por ser el que con mayor regularidad se dilata, y después porque solo entra en ebullición a temperatura elevada; finalmente, porque se pone más deprisa que los demás líquidos en equilibrio con la temperatura ambiente. Debe esta última facultad a ser un metal y a que, por tanto:

1.° Es mejor conductor del calor que todos los líquidos, y

2.° Exige menos calor para elevar su temperatura.

Se ha utilizado también mucho el alcohol para medir las bajas temperaturas, porque este líquido no se congela por la acción de los mayores fríos naturales conocidos. Hoy se tiende a reemplazarlo por el tolueno.

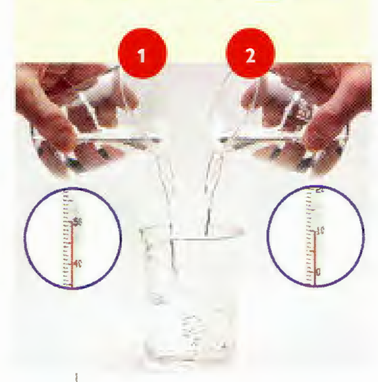
A. GANOT,
Tratado Elemental de física.
C. Magnier e hijos
(edición del año 1900)

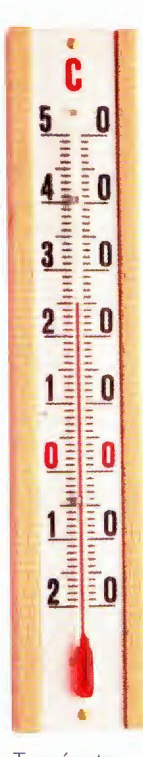


SABÍAS QUE...

El recipiente 1 contiene 250 ml de agua a 50 °C y el recipiente 2 contiene la misma cantidad de agua a 10 °C.

Al mezclar el contenido de ambos recipientes en otro recipiente y medir la temperatura de la mezcla, observamos que al cabo de unos instantes la temperatura es $t_3 = 30$ °C, intermedia entre t_1 y t_2.





Termómetro de alcohol.

Escalas termométricas

Para fijar los valores de temperatura se utilizan los llamados puntos fijos de un termómetro, que se corresponden con fenómenos que tienen lugar siempre para un mismo valor de la temperatura.



El hielo fundente y el agua hirviendo se toman como fenómenos de referencia para señalar los puntos fijos de los termómetros.

Se toman por acuerdo como puntos fijos el punto de fusión del hielo y el punto de ebullición del agua. Una escala termométrica vendrá definida por los valores de temperatura asignados a los dos puntos, aceptando una variación lineal de la magnitud termométrica con la temperatura.

Equivalencia entre las escalas Kelvin y Celsius. La temperatura absoluta se indica con T y la temperatura centígrada, con t (no confundir esta temperatura con el tiempo, que también se simboliza con la letra t).

Escala Celsius o centígrada

La escala Celsius o centígrada asigna el valor cero al punto de congelación o solidificación del agua y el valor 100 al punto de ebullición de la misma a la presión de una atmósfera. Cada unidad, debido a la variación lineal con la temperatura, será 1/100 del intervalo y se llama grado Celsius o centígrado (°C).

Escala Kelvin o absoluta

La escala absoluta o termodinámica utiliza como unidad de medida de temperatura el kelvin (K), cuyo valor coincide exactamente con el de 1 °C, ya que el intervalo entre los puntos fijos también se divide en 100 unidades. Sin embargo, se asigna el valor 273 al punto de fusión del hielo y, por tanto, el valor 373 al punto de ebullición del agua. En consecuencia, la relación entre la temperatura medida en Kelvin y la medida en grados centígrados es la siguiente:

$$T\ (\text{K}) = t\ (°\text{C}) + 273$$

es decir, se trata de la misma escala que la centígrada pero desplazada hacia abajo en 273 unidades.

La importancia de la escala absoluta radica en que es posible demostrar que el cero absoluto de temperatura se corresponde con la ausencia total de energía cinética interna del cuerpo considerado, es decir, con la inmovilidad total de sus partículas.

Escala Fahrenheit

Otra escala de temperaturas, muy utilizada en Norteamérica fuera de los ambientes científicos es la escala Fahrenheit. En esta escala se efectúan 180 divisiones en el intervalo definido por los puntos fijos, asignando a estos puntos los valores 32 y 212, respectivamente.

La relación entre la temperatura expresada en grados centígrados y la correspondiente en grados Fahrenheit.

$$t\ (°\text{F}) = 1{,}8\ t\ (°\text{C}) + 32$$

La escala absoluta correspondiente a la Fahrenheit, es decir, con unidades iguales, es la escala Rankine, cuyos puntos fijos son 491,67 y 671,67. Evidentemente, el intervalo en ambos casos es de 180 unidades. La relación entre la temperatura expresada en °F y °R es la siguiente:

$$t\ (°\text{R}) = t\ (°\text{F}) + 459{,}67$$

Energía térmica. El calor



A pesar de lo que parezca por nuestro uso cotidiano del lenguaje, los cuerpos no poseen calor ni trabajo. Tan solo tienen energía, y, al transformarse o transferirse esta, es cuando aparecen, como un estado de tránsito, el calor y el trabajo.



La relación entre energía cinética interna y temperatura explica, por ejemplo, lo que ocurre cuando sufrimos una quemadura. En realidad, estamos soportando un número elevadísimo de choques de pequeñas partículas con gran energía.



¿Qué es la energía térmica?

Todas las moléculas de un sistema físico se encuentran en continuo movimiento; en el caso de los sólidos se trata de una vibración en torno a una posición de equilibrio y en el de los gases es un movimiento aleatorio.

Este movimiento de las partículas tiene asociada una energía cinética, que debe clasificarse en dos tipos diferentes: la correspondiente al movimiento del sistema en su conjunto y la que corresponde al movimiento de unas partículas con respecto a otras.

La suma de las energías cinéticas de todas las partículas de un cuerpo es llamada energía térmica, y su aumento o disminución lo apreciaremos a través de la temperatura.

El nombre de energía térmica procede de que se puede demostrar que esta energía, tomando el valor medio por partícula, mide la temperatura ordinaria de un cuerpo, la cual no depende de que el cuerpo esté parado o en movimiento.

El calor

El calor es una forma de transferir energía entre dos cuerpos que se encuentran a diferente temperatura.

El calor (Q) es una forma de energía y, por tanto, se mide en julios (J) en el SI. Otra unidad muy empleada es la caloría (cal), que se define como la cantidad de calor necesaria para elevar un grado centígrado la temperatura de un gramo de agua. La equivalencia entre ambas unidades es la siguiente:

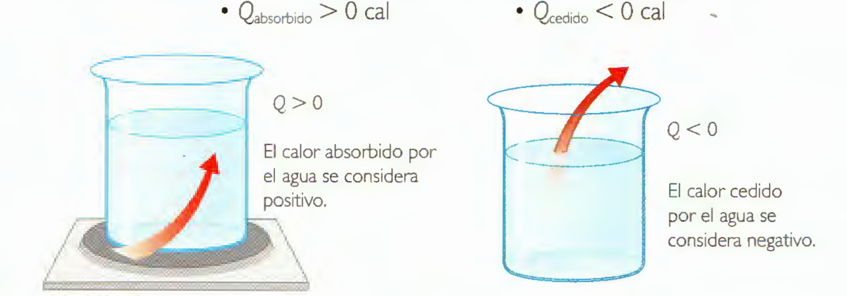
$$1 \text{ cal} = 4{,}18 \text{ J} \rightarrow 1 \text{ J} = 0{,}24 \text{ cal}$$

El incremento que sufre cualquier cuerpo en su temperatura (energía interna) se debe a que ha absorbido o cedido calor.

$$\Delta E_{\text{interna}} = E_{\text{interna final}} - E_{\text{interna inicial}} = Q_{\text{absorbido o cedido}}$$

Si el cuerpo absorbe calor, esto provocará un aumento o incremento positivo de la energía interna (temperatura); entonces, el calor tendrá signo positivo. Si el cuerpo pierde energía, su incremento será negativo y, por consiguiente, también el calor.

- $Q_{\text{absorbido}} > 0$ cal
- $Q_{\text{cedido}} < 0$ cal



Para determinar las cantidades de calor intercambiadas por un cuerpo, se establece como criterio que:

- El calor es positivo ($Q > 0$) cuando el cuerpo lo absorbe.
- El calor es negativo ($Q < 0$) cuando el cuerpo lo cede.

Intercambio de calor: **calor específico, calor latente**

No todos los materiales cambian su temperatura con la misma facilidad, ya que las partículas que los forman y las uniones entre ellas son diferentes.



Calores específicos de distintas sustancias	
Sustancia	Calor específico [J/(kg · K)]
Agua	4.180
Alcohol etílico	2.400
Hielo	2.090
Vapor de agua	1.920
Aire	1.000
Aceite	1.670
Aluminio	878
Vidrio	812
Arena	800
Hierro	460
Cobre	375
Mercurio	140
Plomo	125

El calor y la variación de temperatura. Calor específico

La capacidad calorífica de un sistema físico es la cantidad de energía, en forma de calor, que es necesario suministrar a dicho sistema para que su temperatura aumente en un kelvin.

En consecuencia, si es necesario suministrarle la energía ΔQ para que aumente su temperatura en ΔT, la capacidad calorífica (C) se escribirá:

$$C = \frac{\Delta Q}{\Delta T}$$

Generalmente esta cantidad es independiente de la temperatura y, por tanto, solo cambia con la masa del cuerpo considerado y con la composición química.

Por otra parte, el calor específico informa sobre la mayor o menor facilidad de una determinada sustancia para aumentar su temperatura.

El calor específico de una sustancia, c_e, es **la cantidad de calor necesaria para elevar un grado la temperatura de un kilogramo de dicha sustancia.**

Se mide en J/(kg · K) en el SI. También se puede expresar en cal/(g · °C).

La cantidad de calor necesaria para que una masa m de una sustancia aumente su temperatura desde T_1 hasta T_2 se expresa entonces así:

$$Q = m \cdot c_e \cdot (T_2 - T_1) = m \cdot c_e \cdot \Delta T$$

(ΔT se lee variación de la temperatura, y equivale a la temperatura final menos la temperatura inicial.)



CÓMO HACER

- **¿Cuánto calor es necesario para aumentar en 25 °C la temperatura de 3 kg de agua?**

Suponemos que no hay cambios de estado:

$$Q = m \cdot c_e \cdot \Delta T \rightarrow Q = 3\text{ kg} \cdot 4.180\ \frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot {}^\circ\text{C}} \cdot 25\ {}^\circ\text{C} \rightarrow$$

$$\rightarrow Q = 313.500\ \frac{\cancel{\text{kg}} \cdot \text{J} \cdot \cancel{{}^\circ\text{C}}}{\cancel{\text{kg}} \cdot \cancel{{}^\circ\text{C}}} = 313.500\text{ J}$$

La cantidad de calor pedida depende únicamente de la masa y del aumento de temperatura, para el caso del agua.

- **Introducimos una barra de aluminio, de 0,2 kg, a 80 °C en un vaso con 0,25 kg de agua a 20 °C.**

Calcular la temperatura final, suponiendo que no hay pérdidas de calor con el ambiente.

Cuando se alcance el equilibrio térmico ambos estarán a la misma temperatura. El aluminio cede calor (Q_c) y disminuye su temperatura:

$$Q_c = m_{Al} \cdot c_e(\text{Al}) \cdot (t_{eq} - t_1) = 0{,}2 \cdot 878 \cdot (t_{eq} - 80)$$

El agua absorbe calor (Q_a) y aumenta su temperatura:

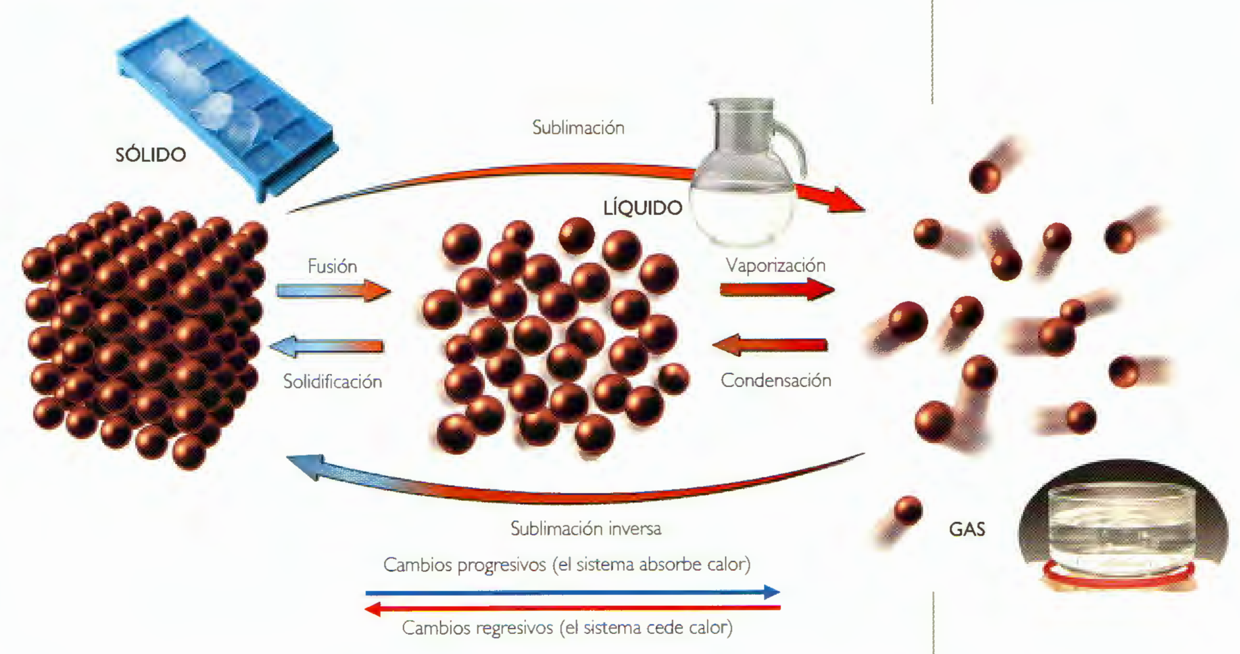
$$Q_a = m_{agua} \cdot c_e(\text{agua}) \cdot (t_{eq} - t_2) = 0{,}25 \cdot 4.180 \cdot (t_{eq} - 20)$$

Si no hay pérdidas de calor se cumple que: el calor cedido (negativo) por la barra de aluminio es igual al absorbido (positivo) por el agua.

$$-Q_c = Q_a \rightarrow -0{,}2 \cdot 878 \cdot (t_{eq} - 80) =$$
$$= 0{,}25 \cdot 4.180 \cdot (t_{eq} - 20) \rightarrow t_{eq} = 28{,}6\ {}^\circ\text{C}$$

El calor y los cambios de estado. Calor latente

La materia se presenta en tres estados: sólido, líquido y gaseoso. Según las condiciones externas de presión y temperatura, una sustancia puede existir en cualquiera de ellos.



Tipos de cambios de estado.

En algunas circunstancias, cuando se aporta energía calorífica a un cuerpo, este no aumenta su temperatura, sino que esa energía se invierte en modificar las fuerzas que unen unas moléculas con otras, provocando que la materia cambie su estado de agregación. Los cambios de estado más corrientes son sólido ↔ líquido y líquido ↔ gas. Los cambios sólido ↔ gas son más raros y, en general, se producen en circunstancias no ordinarias.

Los cambios de estado se caracterizan por lo siguiente:

- No cambia la naturaleza de la sustancia.
- Se producen a temperatura constante para cada presión.
- La sustancia absorbe o cede calor. El calor invertido en el proceso para la unidad de masa recibe el nombre de calor latente de cambio de estado.
- El valor de la temperatura a la que se producen y el valor del calor latente correspondiente son característicos de cada cambio de estado y de la naturaleza de la sustancia.

La energía necesaria para que una sustancia cambie de estado es:

$$Q = m \cdot L$$

Donde m es la masa de la sustancia considerada y L es una propiedad característica de cada sustancia, llamada calor latente. El calor latente se mide en J/kg en unidades del SI.

La representación gráfica de la temperatura de un sistema físico en función del tiempo, cuando el sistema absorbe o libera un calor constante por unidad de tiempo, se llama **gráfica de calentamiento o enfriamiento**.

Curva de calentamiento. Los tramos horizontales corresponden a intervalos de tiempo en los que la temperatura del sistema físico permanece constante.

Temperatura (T)
A B C D E F
Sólido
Sólido y líquido
Líquido
Líquido y gas
Gas
Tiempo (t)

Cambios de **estado**

La materia puede presentarse en diversas formas o estados. Aunque la más común en el Universo es el estado de plasma, en el que se encuentra la materia estelar, vamos a revisar los cambios entre los estados sólido, líquido y gaseoso.



El cambio de estado de sólido a líquido se produce a una temperatura determinada para cada sustancia. A 0 °C el agua se encuentra en estado sólido, si aumenta la temperatura, el hielo se convierte en agua.

Fusión y solidificación

Fusión y solidificación son procesos contrarios en el cambio de estado sólido ↔ líquido. Se producen a una temperatura determinada para cada sustancia y su valor varía muy poco con la presión.

La fusión de una sustancia supone un cambio de su estructura e interacciones entre las moléculas o unidades estructurales de la misma, y se efectúa con un aporte de calor.

Las partículas del sólido pueden vibrar. Si reciben energía, su energía cinética aumenta, y con ello también lo hace la temperatura.

Llega un momento en que el sólido se transforma en líquido. Mientras se está produciendo el cambio de estado, la temperatura no varía, porque toda la energía que absorbe el sólido se emplea en romper las fuerzas de cohesión entre las partículas, y no en aumentar su velocidad.

Calor latente de fusión, L_f, es la cantidad de calor necesaria para que, a la temperatura de fusión y a la presión de 1 atmósfera, 1 kg de una sustancia en estado sólido se transforme en líquido.

Sustancia	L_f (kJ/kg)	$t_{fusión}$ (°C)
Agua	334,4	0
Aluminio	321	657
Cobre	175,6	1.083
Hierro	200,6	1.540

Calores latentes de fusión y temperaturas de fusión de distintas sustancias.

Vaporización y condensación

Una vez completado el cambio de estado, si seguimos aportando calor, vuelve a producirse un aumento de la agitación molecular, hasta que la velocidad de las partículas es tan grande que pueden escapar de la superficie del líquido, pasando a estado gaseoso.

Vaporización es el cambio de estado de líquido a gas, también llamado **ebullición**. El proceso contrario se llama **condensación**. El proceso se efectúa a la temperatura constante de ebullición característica de cada sustancia a una determinada presión.

Calor latente de vaporización, L_v, es la cantidad de calor necesaria para que, a la temperatura de ebullición y a la presión de 1 atmósfera, 1 kg de una sustancia en estado líquido pase a gas.

La temperatura de ebullición depende de la presión. A mayor presión exterior, mayor será la temperatura de vaporización y, si disminuye la presión, también lo hace la temperatura del cambio de estado líquido → vapor de forma significativa.

Sustancia	L_v (kJ/kg)	$t_{ebull.}$ (°C)
Agua	2.248,8	100
Etanol	869,4	78,5
Mercurio	248,2	357

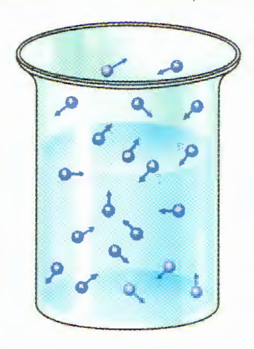
Calores latentes de vaporización y temperaturas de ebullición de diferentes sustancias.

La evaporación

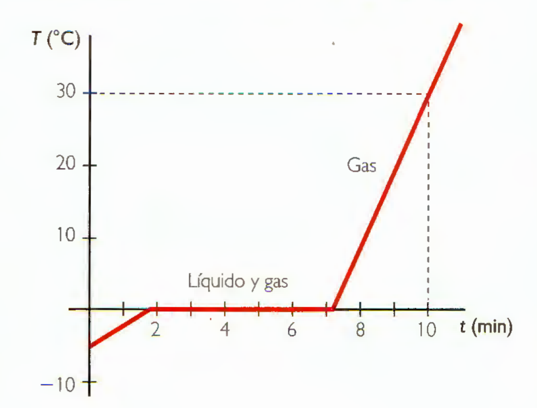
El proceso por el cual un líquido pasa lentamente al estado gaseoso sin que se haya alcanzado la temperatura de ebullición o vaporización a presión ordinaria, recibe el nombre de evaporación.

La explicación del proceso se hace a través de la teoría cinética de la materia, que supone que las unidades componentes de la misma están en continuo, caótico y rápido movimiento. Algunas de estas unidades (moléculas, por ejemplo) tienen la suficiente energía para vencer la atracción del resto de las moléculas y pasar a la atmósfera, o a la fase de vapor si la sustancia está en un recipiente cerrado. La tendencia a pasar a la fase de vapor aumenta con la temperatura.

La rapidez con que se efectúa el proceso depende de la superficie de evaporación, de la temperatura, de la naturaleza del líquido y, en el caso del agua, de la humedad relativa. Al ser un fenómeno de superficie, resulta independiente de la masa total del líquido.



Algunas moléculas tienen energía suficiente para escapar de la superficie del líquido, produciéndose la evaporación.



Gases y vapores

Las denominaciones «gas» o «vapor» son equivalentes en cuanto al estado de agregación que describen, y su diferente uso responde al hecho de que la sustancia, en condiciones ordinarias, esté en estado gaseoso (gas) o en estado líquido (vapor).

Así, el agua, en condiciones de presión y temperatura ordinarias, está en estado líquido y, cuando se encuentra en estado gaseoso (a partir de 100 °C para la presión de una atmósfera), se denomina vapor de agua. En cambio, el butano es gaseoso a temperatura y presión ordinarias y por ello se habla de gas butano. Sin embargo, a la presión de 12 atmósferas y temperatura ordinaria, se encuentra en estado líquido (como en las garrafas que se entregan a domicilio).

SABÍAS QUE...

¿Por qué se mantiene fresca el agua en una vasija de barro?

Para mantener frescas las bebidas en verano el mejor método es introducirlas en una heladera o echarles cubitos de hielo. Pero hace unas décadas esto no era lo común, sobre todo en zonas rurales. Para «enfriar» el agua existe otro método más tradicional y que hoy se sigue empleando: la vasija de barro. ¿Cómo se mantiene fresca el agua en esta vasija? La respuesta nos la proporcionan la teoría cinética y los cambios de estado. Para explicarlo debemos saber que la superficie de la vasija es porosa. Esto quiere decir que las partículas de agua del interior pueden pasar a través de ella escapando al exterior. Y, como sabemos, en cualquier líquido las partículas se encuentran en continuo movimiento. Además, unas partículas se mueven más rápidamente que otras. Así, las partículas de agua del interior que tienen más energía pueden llegar a escapar de la vasija. El resultado final es que permanecen en el recipiente aquellas partículas del líquido que se mueven más despacio, lo que corresponde a un líquido más fresco.



Efectos del calor: la dilatación

Cuando un cuerpo recibe calor, sus partículas se mueven más deprisa, por lo que necesitan más espacio para desplazarse y, por tanto, el volumen del cuerpo aumenta. A este aumento de volumen se le llama dilatación.

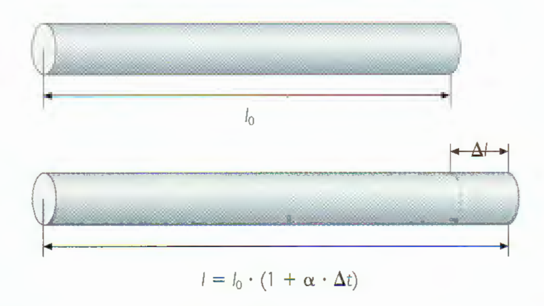


En el diseño de estructuras es necesario tener en cuenta los efectos de la dilatación; para ello, se dejan espacios libres, llamados juntas de dilatación, en puentes y viaductos.

Dilatación de sólidos

Cuando se calienta un sólido, se dilatan sus tres dimensiones.

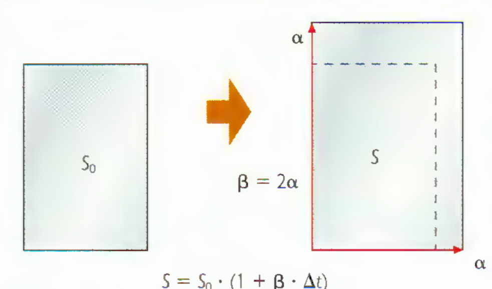
- Si tiene forma de varilla, su longitud aumenta y se dice que ha experimentado una **dilatación lineal**.



$$l = l_0 \cdot (1 + \alpha \cdot \Delta t)$$

El coeficiente de dilatación lineal, α, es el alargamiento que experimenta la unidad de longitud de un sólido, medido a 0 °C, cuando su temperatura se eleva a 1 °C.

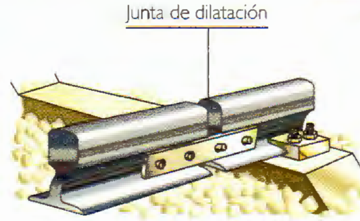
- Si el sólido tiene forma de lámina, la dilatación afecta a sus dos dimensiones, y se llama **dilatación superficial**.



$$S = S_0 \cdot (1 + \beta \cdot \Delta t)$$

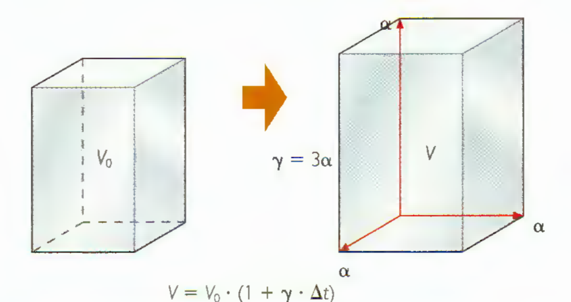
El coeficiente de dilatación superficial, β, es el aumento de superficie de un sólido de área la unidad, medido a 0 °C, cuando su temperatura se eleva a 1 °C.

$$\beta = 2\alpha.$$



Detalle de una junta de dilatación en una vía de tren. Los orificios de la placa que une los dos tramos de vía no son redondos, sino que tienen una pequeña holgura que permite el desplazamiento relativo del carril.

- Y, si ninguna de las dimensiones destaca sobre las otras, las tres se dilatan y la dilatación es cúbica.



$$V = V_0 \cdot (1 + \gamma \cdot \Delta t)$$

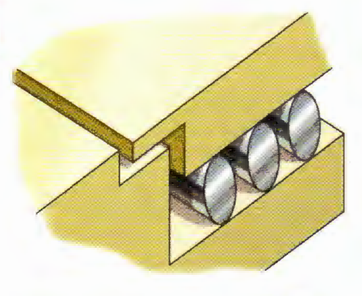
El coeficiente de dilatación cúbica, γ, representa el aumento de volumen de un sólido de volumen la unidad, medido a 0 °C, cuando su temperatura se eleva a 1 °C.

$$\gamma = 3\alpha.$$

Todos los coeficientes de dilatación, α, β y γ dependen de cada material y se expresan en $(°C)^{-1}$ en el Sistema Internacional de unidades (SI).

Sustancia	α ($°C^{-1}$)
Acero	$1{,}05 \cdot 10^{-5}$
Hierro	$1{,}2 \cdot 10^{-5}$
Aluminio	$2{,}4 \cdot 10^{-5}$
Cobre	$1{,}6 \cdot 10^{-5}$
Vidrio	$8 \cdot 10^{-6}$
Latón	$1{,}8 \cdot 10^{-5}$

▲ Coeficientes de dilatación lineal. La dilatación es casi inapreciable a simple vista, pero es importante tenerla en cuenta a la hora de diseñar puentes o edificios.



Algunos tipos de puentes modernos están construidos con planchas separadas de hierro o de hormigón. Estas planchas son sometidas a variaciones de temperatura que provocan en ellas una considerable dilatación superficial. En la figura se aprecia un detalle esquemático de una junta de dilatación análoga a la de los raíles de un tren. Los rodillos representados en gris sirven para que se pueda deslizar con facilidad una plancha sobre otra.

Dilatación de líquidos

Cuando los líquidos se calientan es más difícil medir el cambio de volumen que experimentan que en los sólidos, porque, a la vez que el líquido, también se dilata el recipiente que lo contiene.



Matraz con líquido.

Al principio solo se dilata el recipiente.

La dilatación real del líquido es de B a C.

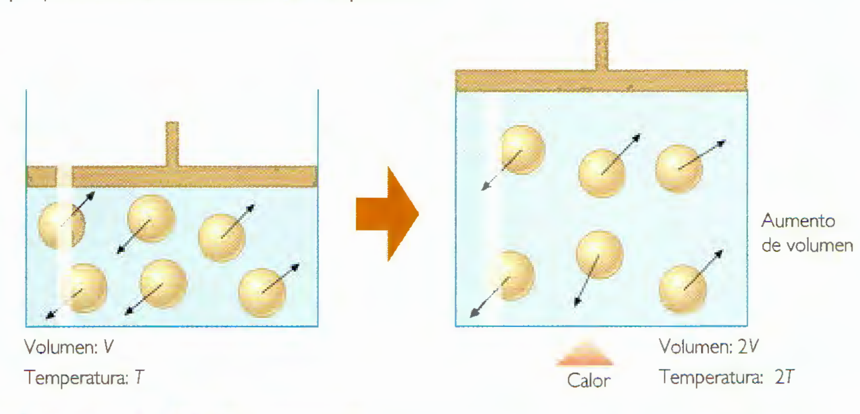
Los líquidos tienen mayores coeficientes de dilatación que los sólidos, aunque no son constantes: varían con la temperatura. El mercurio es el líquido con coeficiente de dilatación más constante; por eso se utiliza en los termómetros.

El agua es un líquido que se comporta de manera anómala en la dilatación. Entre 0 y 4 °C, el agua líquida, en vez de aumentar su volumen, se contrae. La consecuencia de esta contracción de volumen es un aumento de la densidad. La densidad del agua es máxima a 4 °C.

Dilatación de gases

Cuando aumenta la temperatura de un gas, pueden producirse dos fenómenos:

- Si la presión no varía, el volumen del gas aumenta. La energía comunicada al gas se emplea en aumentar la energía cinética de las moléculas y el volumen aumenta de forma proporcional al incremento de temperatura.





- Si el volumen no varía, la presión del gas aumenta; no se produce una verdadera dilatación, ya que no hay cambio de volumen.

La presión de las ruedas se debe medir cuando el aire en su interior está frío. Si llenamos los neumáticos en caliente, cuando el neumático se enfríe la presión será menor.

? SABÍAS QUE...

La dilatación anómala del agua

El hecho de que el agua no siga la conducta de los demás cuerpos, en lo que a la dilatación se refiere, es providencial para la vida marina en las zonas árticas.

Si el hielo fuera más denso que el agua, en el momento en que se formaran cristales de hielo, estos irían al fondo del mar, quedando en contacto con la atmósfera otra capa de agua, repitiéndose el proceso indefinidamente hasta que toda el agua del mar quedara congelada. Sin embargo, el agua líquida es más densa que el hielo, quedando este en la superficie y sirviendo de capa protectora al agua que se encuentra por debajo, impidiendo que esta se congele.

En todo caso, el agua que se encuentra en contacto con el hielo estará a una temperatura de 0 °C, demasiado baja para permitir la vida marina.

Más abajo, el agua a 4 °C presenta mayor densidad que a 0 °C, por lo que el agua del fondo estará más caliente que la que se encuentra en contacto con el hielo.

Esta pequeña diferencia de 4 °C es la que hace posible que en los mares árticos pueda haber vida marina.

Transmisión de calor

Cuando existe una diferencia de temperatura entre dos cuerpos o entre dos partes de un mismo cuerpo, se establece espontáneamente un transporte de calor que puede tener lugar por conducción, por convección o por radiación.



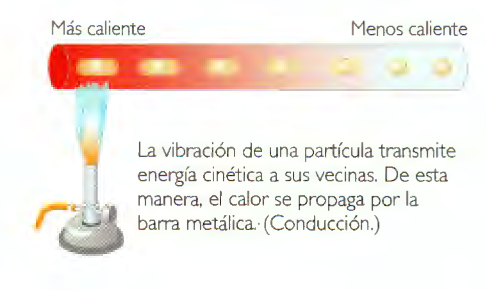
En una barra metálica, el calor se transmite por conducción.



Los bomberos utilizan en su vestuario materiales ignífugos que no arden aunque estén sometidos a elevadas temperaturas.

Conducción

Si calentamos una barra metálica por un extremo, el calor se transmite hasta el otro extremo. El transporte de energía se realiza partícula a partícula; las partículas con mayor energía cinética ceden parte de su energía a las partículas adyacentes. Pero no todos los cuerpos conducen el calor por igual.
Los metales conducen mejor el calor que los plásticos o la madera.



La vibración de una partícula transmite energía cinética a sus vecinas. De esta manera, el calor se propaga por la barra metálica. (Conducción.)

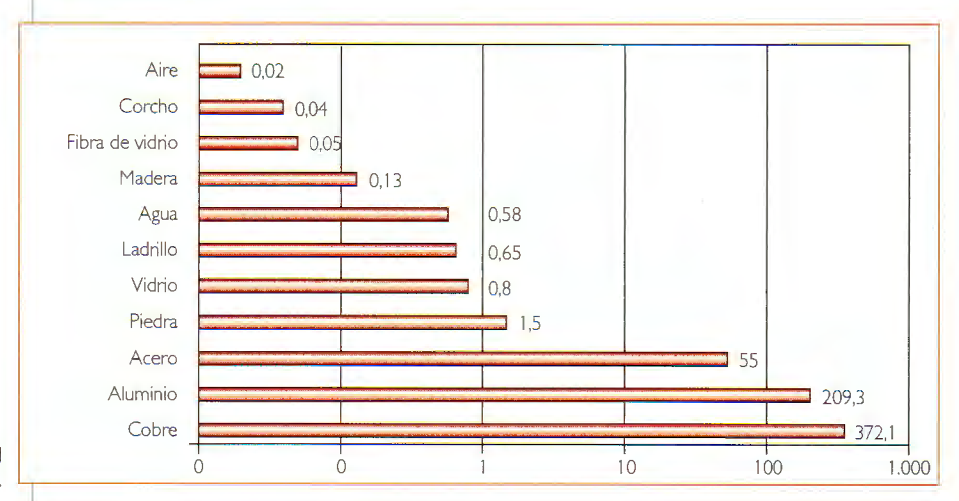
En la conducción se transporta energía sin que haya transporte de materia. De esta forma se transmite el calor en los sólidos.

Conductores y aislantes

Los metales conducen bastante bien el calor. Esto lo podemos comprobar en verano, cuando tocamos una verja u otro objeto metálico expuesto al sol y sentimos que nos quemamos. En este caso, como el metal es buen conductor del calor, este pasa rápidamente hasta nuestra mano.

La sensación de frío que sucede en invierno al tocar la misma verja tiene el mismo motivo. Pero en este caso el calor sigue un camino inverso: desde nuestra mano hasta la verja.

Para cuantificar este carácter conductor del calor se emplea la magnitud llamada conductividad térmica. Los metales y otros materiales que conducen bien el calor tienen una conductividad térmica elevada. Los gases y la fibra de vidrio, por ejemplo, son buenos aislantes del calor.



Coficientes de conductividad térmica (W/m · K).

Convección

Al calentar un recipiente que contiene agua, el calor se reparte rápidamente por toda la masa del líquido; esto es debido a que, cuando el agua del fondo se calienta, disminuye su densidad (se dilata) y sube a la superficie, desplazando a las partículas de las zonas más frías, que bajan. Se establecen corrientes de convección.

En la convección hay transporte de energía y de materia. Así se transmite el calor en líquidos y gases.



Las aves usan las corrientes de convección para planear.

Radiación

La energía se puede transportar de un cuerpo a otro sin que haya contacto físico entre ellos. La energía del Sol llega a la Tierra a través del vacío. Esta transmisión de energía se produce por radiación. Todos los cuerpos emiten energía por radiación; la cantidad que irradian depende de la diferencia de temperatura entre el cuerpo y el ambiente.

En la radiación, la energía pasa de un cuerpo a otro sin que haya contacto entre ellos.

? SABÍAS QUE...

Las corrientes de convección

Las corrientes de convección tienen mucho que ver con el tiempo atmosférico, y concretamente con la formación de los vientos.

Los vientos son aire en movimiento que procede de lugares fríos, donde el aire pesará más y estará a ras de tierra, y se dirige a zonas cálidas, donde el aire caliente se habrá elevado y dejará un lugar que pasa a ocupar el aire frío.

El aire de la habitación o el agua de un recipiente se calientan porque se producen corrientes de convección.

Los cristales aislantes

Para reducir el consumo de calefacción o aire acondicionado en una vivienda, la mejor opción es aislar la casa convenientemente. Para ello, es imprescindible dotar a las ventanas de un sistema que evite pérdidas de calor. El procedimiento más utilizado en la actualidad consiste en emplear dos láminas de cristal separadas por un pequeño espacio del que se extrae el aire. Así, como no existe materia entre las dos láminas, el calor fluye mucho más lentamente desde una a la otra.

Un ejemplo de propagación mixta

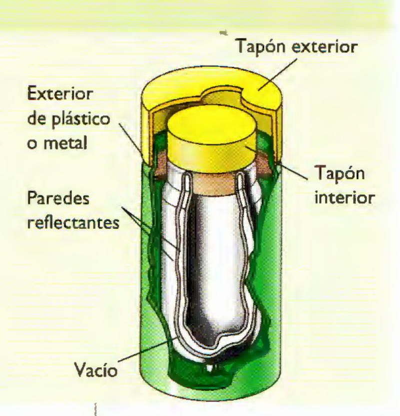
Los tres modos de propagación del calor, normalmente, aparecen juntos: por ejemplo, de una lámpara sale calor por radiación. Para comprobarlo, basta con interponer un cartón entre la lámpara y nuestra mano, y observaremos que nos llega calor. El aire que está junto a la lámpara se calentará por convección, y la chapa metálica que envuelve la lámpara se calentará por conducción.

+ PARA SABER MÁS

El termo

Cuando dos cuerpos a distinta temperatura entran en contacto, se produce un flujo de calor entre ellos hasta que la temperatura se iguala. Sin embargo, la bebida contenida en un termo mantiene su temperatura durante muchas horas, aunque el ambiente se encuentre mucho más frío o mucho más caliente. ¿Cómo es esto posible?
La respuesta se encuentra en la forma en que se transmite el calor y en la capacidad aislante que tienen algunos materiales.

En efecto, un termo está formado por varias capas entre las cuales se hace el vacío para evitar pérdidas de calor. La cámara de vacío y el material reflectante impiden que el líquido contenido en un termo pierda o gane energía, ya sea por conducción o por radiación. Por eso mantiene su temperatura más o menos constante.



Trabajo y calor. Máquinas térmicas

El calor puede aprovecharse para producir una tarea útil: mover una máquina, enfriar alimentos... Las máquinas térmicas comenzaron a usarse masivamente tras la revolución industrial (siglo XVIII) y ahora son imprescindibles en nuestra vida diaria.



Cuando los coches se detienen, la energía cinética que tenían se ha transformado en energía calorífica.

Conservación de la energía

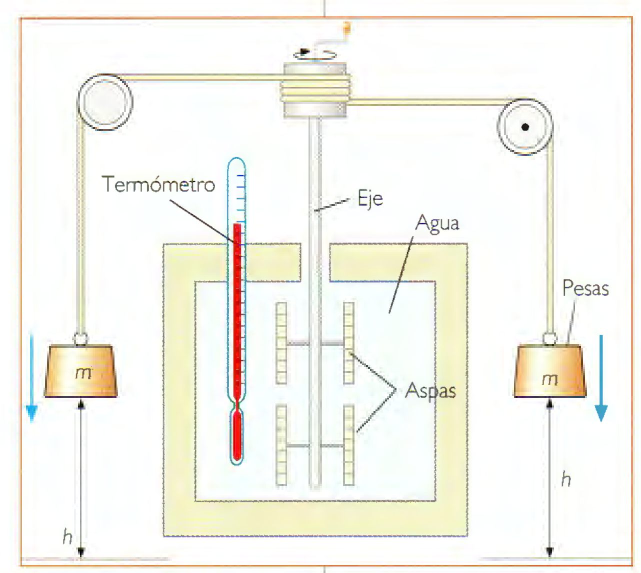
En el siglo XIX, Helmholtz asignó la misma naturaleza a la energía mecánica y a la energía calorífica, afirmando que:

- La energía ni se crea ni se destruye, solo se transforma.
- La cantidad de energía del Universo es constante, pero va degradándose en forma de calor. Es decir, en todas las transformaciones, una parte de la energía que interviene se transforma en calor.

En todos los procesos espontáneos, la energía se degrada: un cuerpo cae espontáneamente pero no vuelve a subir; un recipiente con agua caliente se enfría, pero no vuelve a calentarse tomando calor del ambiente...

Equivalente mecánico del calor

Joule, en 1845, demostró experimentalmente que la energía mecánica en un proceso es equivalente a la cantidad de calor producido. Para ello realizó la experiencia mostrada en el dibujo de abajo. Al caer las dos pesas, hacían girar unas aspas unidas al eje, removiendo el agua contenida en el recipiente (calorímetro).



Experiencia de Joule. Las dos pesas caen a la vez, moviendo las aspas que baten el agua.

Al caer los cuerpos de masa m desde una altura h, el trabajo realizado es: $T = 2\,m \cdot g \cdot h$.

El eje se pone en movimiento y las aspas mueven el agua. La cantidad de calor producida se puede calcular midiendo el aumento de temperatura del agua, y sería:

$$Q = m \cdot c_e \cdot (T_2 - T_1)$$

Con esta experiencia, Joule demostró que siempre que se realizaba una misma cantidad de trabajo, se obtenía la misma cantidad de calor: $T = Q$.

La relación entre la cantidad de calor producido y el trabajo realizado es una constante llamada equivalente mecánico del calor.

Si expresamos el calor en calorías y el trabajo en julios:

1 cal = 4,18 J

y la relación inversa es:

1 J = 0,24 cal

Máquinas térmicas

Las máquinas térmicas son dispositivos que pueden producir trabajo mecánico a partir de calor. El rendimiento de una máquina térmica es:

$$\text{Rendimiento} = \frac{\text{Energía producida}}{\text{Energía consumida}} \cdot 100 = \frac{T}{Q_1} \cdot 100 = \frac{Q_1 - Q_2}{Q_1} \cdot 100$$

La energía mecánica se transforma íntegramente en calor, pero no se puede producir trabajo tomando calor de un solo foco. Son necesarios dos focos (caliente y frío) para que la diferencia de calor entre los dos focos sea el trabajo útil.

El rendimiento de una máquina térmica siempre es menor del 100 %.

Los motores de explosión de los automóviles tienen un rendimiento en torno al 50 %. La mitad de la energía consumida se disipa en forma de calor. En realidad, una máquina térmica transforma energía térmica en otras formas de energía.

Caldera

Q_1

Máquina

$T = Q_1 - Q_2$

Q_2

Refrigerante

En una máquina térmica, el trabajo realizado (T) es igual al calor absorbido (Q_1) menos el calor cedido (Q_2).

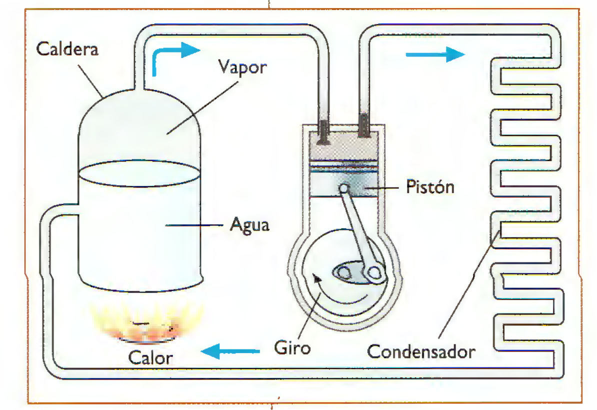
La máquina de vapor

La primera máquina térmica eficiente fue la máquina de vapor, desarrollada en el siglo XVIII para bombear agua de las minas en Inglaterra.

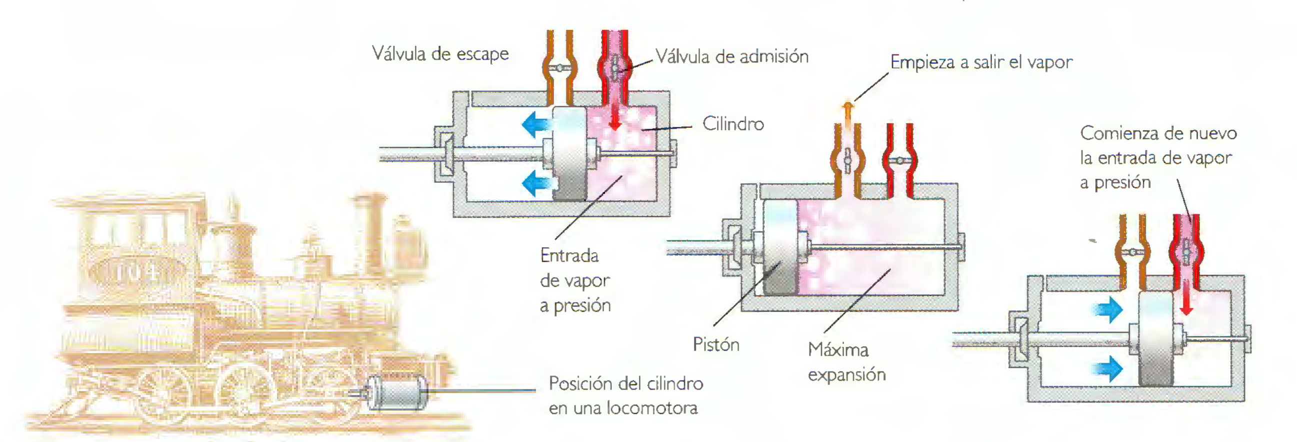
Es una máquina de combustión externa; esto quiere decir que la combustión se produce fuera del lugar donde se realiza el trabajo.

El resultado obtenido es el movimiento de algún elemento (una rueda, generalmente). Es decir, a partir del calor generado en la caldera se obtiene energía cinética que luego se transforma en otras formas de energía, trabajo, etc.

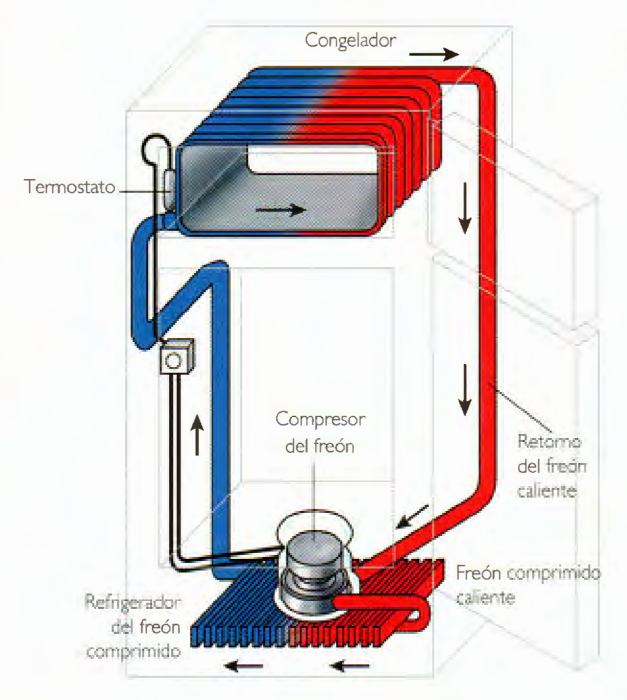
Las centrales térmicas utilizan como combustible fuel-oil o gas (centrales térmicas convencionales) o uranio (centrales nucleares). En ellas, el vapor producido en la caldera mueve una turbina que hace girar el generador.



Funcionamiento de una máquina de vapor



El agua se calienta en la caldera y se convierte en vapor, la presión del vapor empuja un émbolo que está conectado a una biela que hace girar un volante. El vapor sale a una temperatura menor y se enfría aún más a su paso por el condensador para ser bombeado de nuevo hasta la caldera.



El consumo de los motores de los frigoríficos está comprendido entre 120 y 200 W, según el volumen y tamaño del habitáculo.

Las máquinas frigoríficas

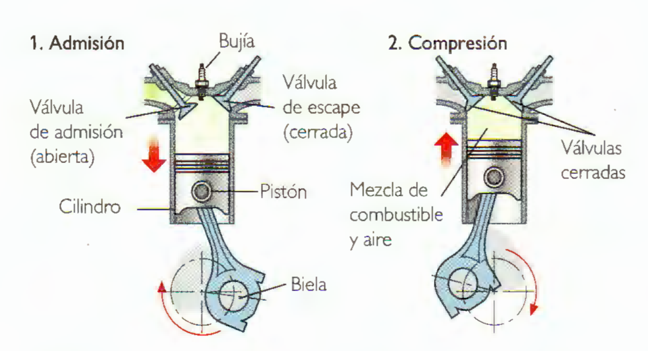
Otro tipo de máquinas térmicas son las máquinas frigoríficas.

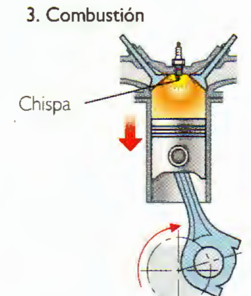
Una máquina frigorífica tiene como fin absorber energía en forma de calor de una región a baja temperatura mediante la realización de un trabajo. Mención especial merece la obtención de temperaturas muy bajas, proceso que recibe el nombre de criogeneración.

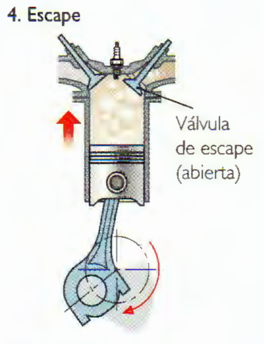
Las máquinas frigoríficas operan de manera cíclica mediante un fluido de trabajo llamado fluido refrigerante (freón), que extrae calor de la región a refrigerar, cediéndolo a otra región, que generalmente es el medio ambiente. Para ello es necesario la realización de un trabajo. Dependiendo del tipo de energía consumida, las máquinas térmicas se clasifican en máquinas de compresión (consumen energía mecánica) y máquinas de absorción (energía calorífica).

El motor de explosión

Es también un motor térmico de cuatro tiempos.
Utiliza la energía almacenada por un combustible, y el calor generado al quemarlo en los cilindros se aprovecha para transmitir el movimiento hasta las ruedas.







Admisión: la mezcla nafta-aire entra por la válvula de admisión, que se abre mientras el pistón baja.

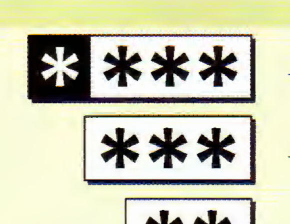
Compresión: el pistón sube y comprime la mezcla. ,

Explosión: salta la chispa eléctrica en la bujía y la mezcla explota. Los gases producidos lanzan el émbolo hacia abajo transmitiendo el movimiento a la biela.

Escape: se abre la válvula de escape y los gases son expulsados.

? SABÍAS QUE...

En general, las máquinas frigoríficas se clasifican por el número de estrellas, que representan la capacidad de enfriamiento.
La mayoría son de compresión mecánica y los problemas de ruido del motor se han disminuido notablemente.
Los refrigeradores de absorción funcionan con electricidad, a gas o aceite, son muy silenciosos, pero menos eficaces.

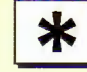


–30 °C

–18 °C /–20 °C



–10 °C /–12 °C



–6 °C

LECTURA

La síntesis de los fenómenos caloríficos y mecánicos

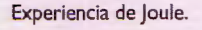
Durante muchos años, los fenómenos caloríficos tuvieron sus explicaciones dentro de la llamada **teoría del calórico**. De acuerdo con dicha teoría, el calor era visto como una sustancia material, conocida como calórico, capaz de fluir de los cuerpos calientes hacia los más fríos. Esta sustancia estaba formada por unas partículas que tenían unas propiedades muy especiales como, por ejemplo, ser indestructibles, repelerse entre ellas pero atraerse con las partículas de materia ordinaria, y posibilidad (en ciertas condiciones) de combinarse con las partículas ordinarias dando lugar a «nuevas sustancias».

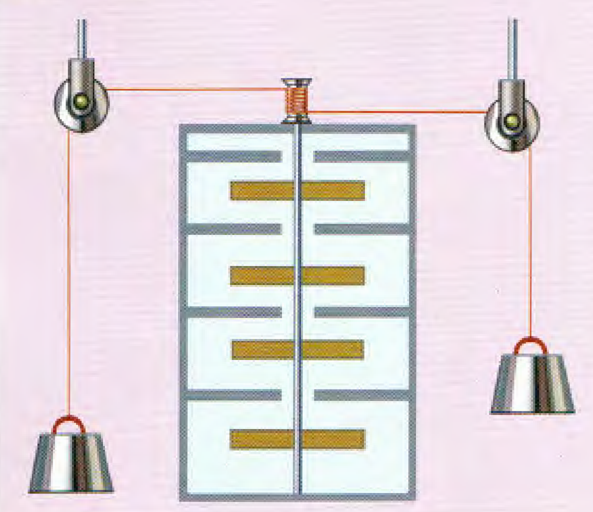
Así, por ejemplo, la dilatación de un cuerpo al calentarse se explicaba admitiendo que el calórico suministrado rodearía a las partículas normales y la repulsión existente entre las partículas de calórico haría que aumentase la distancia entre ellas.

Análogamente, el hecho de que se originase calor al golpear o frotar un cuerpo se explicaba admitiendo que de esa forma se liberaba el calórico que contenían.

La teoría del calórico era capaz de proporcionar explicaciones válidas y coherentes a muchos fenómenos conocidos. No obstante, a finales del siglo XVIII se conocían ya algunos hechos que la cuestionaban.

El abandono definitivo de la teoría del calórico está ligado al nombre de científicos como el inglés Joule y el alemán Mayer. A mediados del siglo XIX, en una conferencia dada en la Universidad de Manchester, Joule afirmaba que: *«La opinión que más ha prevalecido últimamente, ha sido la de que el calor es una sustancia que posee, como cualquier otra materia, impenetrabilidad y extensión. Nosotros hemos demostrado, sin embargo, que el calor puede ser convertido en fuerza viva (energía cinética) y en atracción a través del espacio (energía potencial). Es perfectamente claro que salvo que la materia pueda ser convertida en atracción a través del espacio, que es una idea demasiado absurda para considerarse por el momento, la hipótesis de que el calor es una sustancia debe abandonarse...».*


Experiencia de Joule.




Combustión de madera.

En una experiencia, Joule utilizaba un recipiente térmicamente aislado lleno de agua con un eje que llevaba unas paletas soldadas. Estas paletas giran cuando lo hace el eje, pasando por unos huecos fijos a las paredes. El rozamiento entre las paletas y el agua hace que se eleve la temperatura (igual que cuando se calienta el agua mediante un hornillo).

Joule encontró que el trabajo realizado por las pesas al caer era directamente proporcional al calor producido por la fricción. Cada caloría equivale a 4,18 julios. Según las concepciones actuales, estableció la proporcionalidad existente entre el trabajo realizado y el aumento de energía interna del agua y las paletas.

El desarrollo de la concepción actual del calor es paralelo al de la teoría atómica y molecular de la materia. Según esta, la temperatura está relacionada con la energía cinética promedio de las partículas materiales de que consta un cuerpo.

Cuando un objeto se pone en contacto con otro a menor temperatura muchas partículas del primero interaccionan con otras del segundo y les ceden parte de su energía cinética. El calor es, pues (al igual que el trabajo), una forma de transferir energía de unos sistemas a otros.

La temperatura de un cuerpo puede aumentar no solo poniéndolo en contacto con un foco calorífico, sino también por otros medios, como la fricción, golpes o radiación (solar, microondas, etc.).

Los trabajos de Joule y Mayer sobre el calor permitieron elaborar una nueva teoría acerca de la naturaleza de este, capaz de sustituir a la teoría del calórico y que condujo al establecimiento del principio general de la conservación de la energía (incluyendo en él todos los cambios en los que interviene el calor).

FÍSICA Y QUÍMICA

Bloque 07. Electricidad y magnetismo

Los orígenes **de la electricidad**



El nombre griego del ámbar *élektron*, es el que ha servido, genéricamente, para designar a todos los fenómenos derivados de estas primitivas observaciones que hoy conocemos como electricidad.

La electricidad está presente en la naturaleza de maneras muy diversas, quizá la más espectacular sea el rayo. Pero la correcta interpretación de los fenómenos eléctricos ha sido bastante difícil de alcanzar.

Los primeros descubrimientos

Tales de Mileto (625-547 a.C.), antiguo científico y pensador griego, comprobó que si se frotaba ámbar con lana, este atraía objetos ligeros que volaban y se adherían a él.



Versorium: instrumento eléctrico que se desplazaba cuando se le acercaban objetos que previamente habían sido frotados.

Se cree que el físico y médico inglés William Gilbert (1544-1603) fue la primera persona en utilizar la palabra *eléctrico*. Además, inventó el primer instrumento eléctrico, al que llamó *versorium*.

El desarrollo de la electricidad desde Franklin

Desde la descripción de los primeros fenómenos eléctricos hasta hace poco más de dos siglos los avances que se han producido en el estudio de la electricidad han sido bastante lentos.

- En el siglo XVIII, Benjamin Franklin (1706-1790) voló una cometa con la intención de «capturar la electricidad» de las nubes tormentosas.

A partir de aquí muchos científicos experimentaron con las cargas eléctricas en sus laboratorios y observaron que estas pueden originar chispas eléctricas.

- En la década de 1780, Luigi Galvani (1737-1798) se dio cuenta de que al poner tejido de animal muerto en contacto con dos metales, los músculos se contraían.
- Más tarde, Alessandro Volta (1745-1827) se enteró de este suceso, y en sus estudios posteriores consiguió desarrollar un instrumento capaz de producir cargas eléctricas al que llamó electróforo. Y hacia 1800 anunció haber encontrado una fuente de electricidad: era la primera pila eléctrica.

Una vez ideada la pila eléctrica, los científicos contaron con una fuente estable de corriente eléctrica que les permitía continuar con sus investigaciones.

- En 1820, Hans Christian Oersted (1777-1851), mientras realizaba sus experimentos, encontró que existe una relación muy estrecha entre los fenómenos eléctricos y magnéticos de la materia. Surgió así el electromagnetismo, y se inventó un artilugio fascinante para esa época, **el electroimán**.

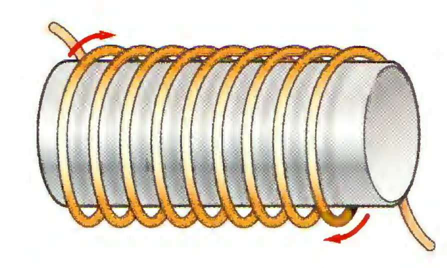


SABÍAS QUE...

Galvani observó que las patas de una rana diseccionada se contraían al tocarlas con un objeto metálico, si una máquina electrostática estaba en funcionamiento cerca del cuerpo del animal.

- En las primeras décadas del siglo XIX, Michael Faraday (1791-1867) realizó importantes descubrimientos que permitieron comprender la relación existente entre la electricidad y el magnetismo. Sus trabajos facilitaron el desarrollo del generador eléctrico y del motor eléctrico.
- A fines de 1870, Thomas Alva Edison (1847-1931) perfeccionó el filamento de la bombilla eléctrica. Una vez que la electricidad estuvo disponible, se empezó a pensar en nuevas aplicaciones. Se inventaron aparatos para hacer más fácil y cómoda la vida doméstica: planchas, estufas, batidoras, cocinas eléctricas...
- Otro descubrimiento importante fue el del telégrafo, perfeccionado por Samuel Morse (1791-1872) en 1837. A partir de aquí se abrió una importante vía en el desarrollo de las comunicaciones.
- En la década de 1880, Heinrich Hertz (1857-1894), basándose en la teoría del electromagnetismo, demostró la existencia de ondas, predichas en 1873 por James C. Maxwell (1831-1879), que podían ser detectadas a distancia. Esto permitió un avance espectacular en el campo de las comunicaciones sin hilos. Posteriormente se inventaron la radio y la televisión.

La comprensión del comportamiento y la naturaleza de los electrones permitió el desarrollo de componentes electrónicos, como las válvulas y los transistores. En la década de 1960 se desarrollaron técnicas para obtener circuitos integrados: comenzó así la actual era electrónica.



Electroimán: es un trozo de hierro con un alambre enrollado alrededor de él. Cuando pasa electricidad por el alambre, se convierte en un imán.



Primeras lámparas eléctricas.

? SABÍAS QUE...

Electricidad en los animales





La electricidad está presente en la vida animal.

- La raya eléctrica (arriba) es capaz de generar descargas eléctricas que matan a sus víctimas más cercanas.
- El tiburón (abajo) tiene unos mil sensores eléctricos que le permiten localizar a su presa en completa oscuridad.

Electricidad y medicina

Los impulsos eléctricos son responsables de los latidos del corazón y de la transmisión de estímulos nerviosos que nos permiten pensar y movernos.

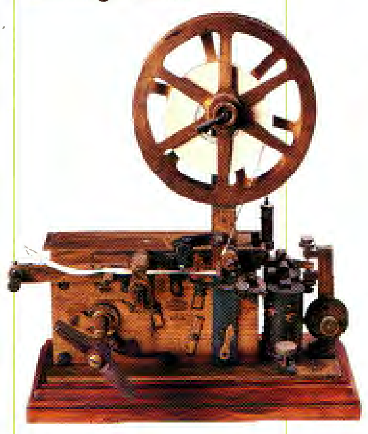
- Si se usa con mucho cuidado, la electricidad puede diagnosticar, curar y cicatrizar heridas. Hoy día se utilizan bisturís eléctricos para algunas operaciones.
- El electrocardiograma es un registro gráfico que representa los latidos del corazón.
- Los marcapasos son aparatos que regulan los latidos del corazón.





PARA SABER MÁS

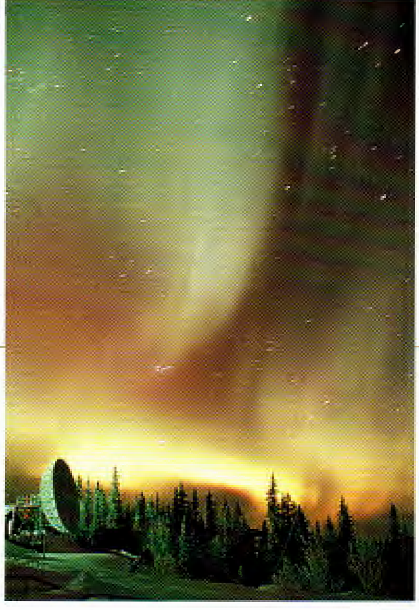
El código Morse



Al ver un electroimán en un barco cuando viajaba a Europa, a Morse le surgió la idea del telégrafo. Inventó el código de puntos y rayas. El primer receptor de Morse tenía un electroimán y una aguja que se presionaba sobre una tira de papel en movimiento.

Las cargas eléctricas

En la Naturaleza, la carga eléctrica es la causa de una de las cuatro fuerzas fundamentales que existen. Los físicos han descubierto varias partículas elementales cargadas eléctricamente.



Las auroras boreales se producen cuando partículas con carga eléctrica procedentes del Sol inciden sobre la atmósfera terrestre y generan luz.

¿Qué es la carga eléctrica?

La materia que nos rodea está formada por átomos que constan, a su vez, de protones, neutrones y electrones. Los protones y electrones tienen una propiedad que se conoce con el nombre de carga eléctrica.

Esta carga eléctrica puede ser de dos tipos.

- Los protones tienen carga eléctrica positiva.
- Los electrones tienen carga eléctrica negativa.

Normalmente, los átomos de los cuerpos tienen tantos protones como electrones, por lo que tendrán tantas cargas eléctricas positivas como negativas. Esto hace que sean neutros. Pero los átomos pueden ganar o perder electrones y convertirse en iones. De esta forma, los cuerpos neutros pueden adquirir una carga eléctrica.

- Cuando los átomos ganan electrones, el cuerpo adquiere carga eléctrica negativa.
- Cuando los átomos pierden electrones, entonces el cuerpo adquiere carga eléctrica positiva.

Un cuerpo electrizado está cargado positiva o negativamente porque ha perdido o ganado electrones. Por consiguiente, la carga eléctrica es una magnitud física medible y cuantificable. La cantidad de electricidad «neta» de un cuerpo será igual a un número entero de veces la carga del electrón.

En el Sistema Internacional, la unidad de carga eléctrica es el culombio (C), que equivale a la carga eléctrica de unos seis trillones de electrones.

$$1\ \text{C} = 6{,}24 \cdot 10^{18}\ \text{electrones}$$

Otra unidad muy usada es el microculombio (μC):

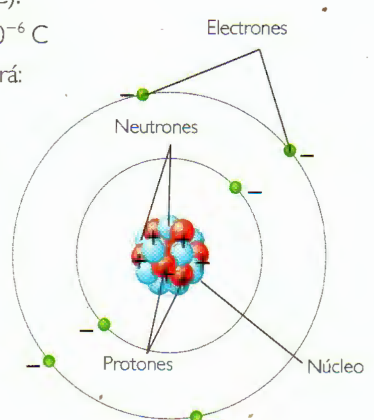
$$1\ \mu\text{C} = 10^{-6}\ \text{C}$$

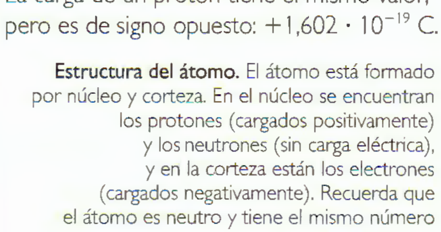
Por tanto, la carga del electrón, en culombios, será:

$$q_e = -1{,}602 \cdot 10^{-19}\ \text{C}$$

se considera que es una carga de tipo negativo.

La carga de un protón tiene el mismo valor, pero es de signo opuesto: $+1{,}602 \cdot 10^{-19}$ C.





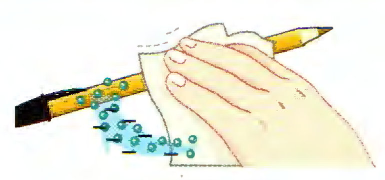
Estructura del átomo. El átomo está formado por núcleo y corteza. En el núcleo se encuentran los protones (cargados positivamente) y los neutrones (sin carga eléctrica), y en la corteza están los electrones (cargados negativamente). Recuerda que el átomo es neutro y tiene el mismo número de protones que de electrones.



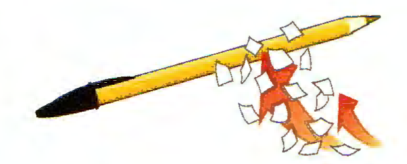
Los nombres *positiva* o *negativa* no hacen referencia a ninguna característica añadida de las cargas eléctricas; simplemente sirven para diferenciar los dos tipos de carga eléctrica.

¿Cómo adquieren carga eléctrica los cuerpos?

Para adquirir carga eléctrica, es decir, para electrizarse, los cuerpos tienen que ganar o perder electrones. Si frotamos un bolígrafo con nuestro jersey de lana, veremos que este es capaz de atraer pequeños trozos de papel. Decimos que el bolígrafo se ha electrizado.

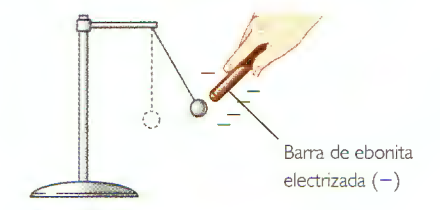


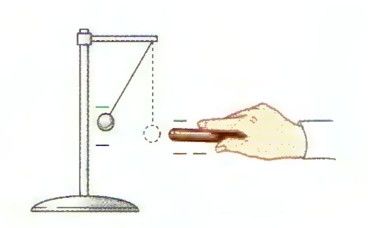
El bolígrafo se electriza


El bolígrafo atrae a los papelitos

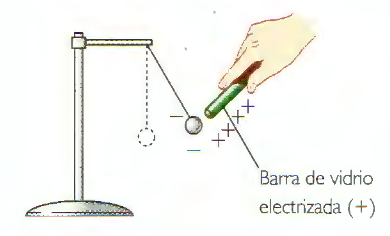
Este fenómeno se explica porque al frotar pasan electrones de la lana al bolígrafo y este se carga negativamente.

Otras sustancias, como la ebonita, el vidrio, el ámbar..., también se electrizan. Por ejemplo, cuando frotamos una barra de vidrio con un paño de seda, pasan cargas negativas del vidrio a la seda, con lo que la barra de vidrio queda con un exceso de carga positiva, y la seda, con un exceso de carga negativa.





Observemos ahora la siguiente experiencia realizada con un péndulo eléctrico: una bola ligera (de porexpán, por ejemplo) suspendida de un hilo muy fino. La bolita del péndulo es atraída por la barra de ebonita electrizada, y después del contacto es repelida. Si ahora acercamos una barra de vidrio electrizada, atraerá a la bolita.



Con estas experiencias deducimos que hay dos tipos de electricidad:

- La del vidrio frotado, denominada vítrea o positiva.
- La de la ebonita frotada, llamada resinosa o negativa.

Cuando un cuerpo cargado se acerca a otro descargado sin tocarlo, puede producir en este una separación entre algunas de sus cargas positivas y negativas. Tal efecto se conoce como inducción eléctrica.

De esta manera es posible interpretar por qué las barras cargadas de plástico y de vidrio atraen trocitos de papel. La barra cargada provoca una redistribución de las cargas en el papel por inducción, lo que origina una atracción entre la barra y los papelitos, pues las cargas positivas (o negativas) del papel se ubican más cerca de la barra de plástico (o vidrio).

Cuerpos con electricidad **del mismo signo se repelen** y cuerpos con electricidad **de diferente signo se atraen**.

Podemos concluir que las formas de cargar un cuerpo pueden ser de tres tipos:

- Por frotamiento, como en las barras de plástico y de vidrio.
- Por contacto, como en la experiencia del péndulo.
- Por inducción.


El **electroscopio** está formado por dos hojas metálicas colocadas en el extremo de una barra metálica y protegidas por un frasco. Al cargarse con cargas del mismo tipo, las dos hojas se repelen.

Los rayos son fenómenos de origen eléctrico producidos por el desequilibrio de cargas entre las nubes y la Tierra, que produce un desplazamiento de las cargas negativas de la nube a la Tierra.



Interacción entre cargas



¿Qué ocurre cuando se aproximan dos cuerpos con carga positiva?
¿Y si ambos tienen carga negativa?
Cuando uno tiene carga positiva y otro negativa, ¿qué sucede?

Al tocar la esfera cargada, las cargas se distribuyen por el cuerpo y el pelo se eriza.

La ley de Coulomb

Entre los cuerpos que tienen carga eléctrica se producen fuerzas de atracción y de repulsión. Si dos cuerpos tienen carga neta del mismo tipo, se repelen. Por el contrario, si tienen carga neta de distintos tipos, se atraen.

Para estudiar la fuerza electrostática con que dos cuerpos se atraen o se repelen se utiliza la ley de Coulomb, deducida por Charles-Agustin Coulomb (1736-1806), que dice:

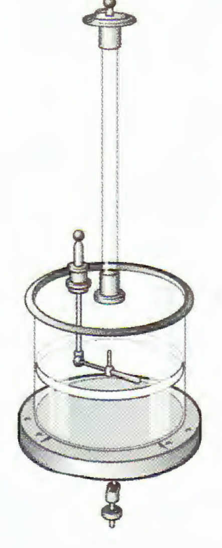


Repulsión entre cargas del mismo signo.

Dos cargas eléctricas en reposo se atraen o se repelen con una fuerza que es directamente proporcional al producto de las cargas e inversamente proporcional al cuadrado de la distancia que las separa. La fuerza depende además del medio en el que estén dichas cargas.

$$F = K \cdot \frac{Q_1 \cdot Q_2}{r^2}$$

- F: fuerza en newton (N).
- Q_1 y Q_2: cargas en culombios (C).
- r: distancia que separa las cargas en metros (m).
- K: constante de Coulomb. Depende del medio (en el vacío, $K = 9 \cdot 10^9$ N · m²/C²).

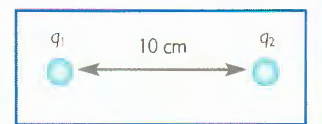


Coulomb construyó una balanza de torsión con la que realizó medidas que le permitieron establecer la ley que lleva su nombre.

CÓMO HACER

Dos cargas eléctricas $q_1 = +4$ μC y $q_2 = +5$ μC están separadas una distancia de 10 cm, como se indica en la figura.

Calcular la fuerza electrostática de interacción entre ellas (1 μC = 10^{-6} C).



El valor de la fuerza electrostática viene determinado por la ley de Coulomb:

$$F = K \cdot \frac{q_1 \cdot q_2}{r^2}$$

Antes de aplicar la ecuación, expresamos todos los datos en el Sistema Internacional, ya que el valor de la constante electrostática K está expresado en esas unidades:

$$q_1 = 4 \cdot 10^{-6}\ C \qquad q_2 = 5 \cdot 10^{-6}\ C \qquad r = 0{,}1\ m$$

Sustituyendo estos valores en la expresión de la ley de Coulomb tenemos:

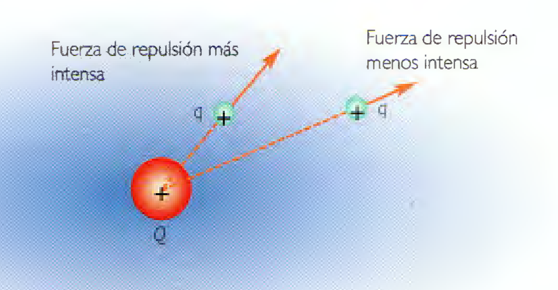
$$F = 9 \cdot 10^9 \cdot \frac{4 \cdot 10^{-6} \cdot 5 \cdot 10^{-6}}{0{,}1^2} = 18\ N$$

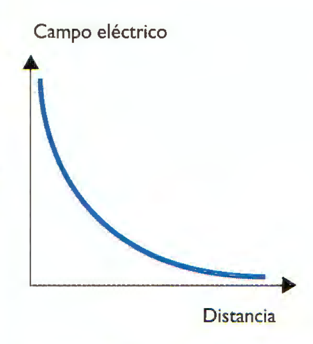
La fuerza es de repulsión, pues ambas cargas son positivas.

El campo eléctrico

Así pues, parece como si cualquier carga q crease a su alrededor una especie de «campo de fuerzas», de tal manera que cualquier otra carga q' situada en él sufrirá la acción de la fuerza de Coulomb (atracción o repulsión en función de los tipos de carga que intervienen).

Se llama campo eléctrico a la zona del espacio situada alrededor de una carga donde se ejercen fuerzas eléctricas de atracción o repulsión sobre otras cargas.





Variación de la intensidad del campo eléctrico con la distancia a la carga que crea el campo. Al aumentar la distancia, la intensidad del campo eléctrico disminuye.

Para poder cuantificar estas fuerzas, se define una magnitud denominada intensidad del campo eléctrico. La intensidad del campo eléctrico (E) en un punto se define como la fuerza que actuaría sobre la unidad de carga prueba situada en ese punto:

$$E = \frac{F}{q} = K \cdot \frac{Q}{r^2}$$

En el Sistema Internacional, la unidad para la intensidad del campo eléctrico es el newton/columbio (N/C).

Debemos tener en cuenta que:

1. La intensidad del campo eléctrico depende de la carga que crea el campo (Q), pero no de la carga prueba que se sitúa en él (q).
2. Cuanto mayor es la carga, mayor es la intensidad del campo creado por ella.
3. Cuanto más nos alejemos de la carga que crea el campo, más débil será dicho campo.

Material	E (N/C)
Vacío	$9 \cdot 10^9$
Papel	$2{,}43 \cdot 10^9$
Vidrio	$1{,}6 \cdot 10^9$
Agua (20 °C)	$1{,}1 \cdot 10^8$

Valor del campo eléctrico creado por una carga de 1 C a 1 m de distancia.

? SABÍAS QUE...

Cargas eléctricas para fotocopiar

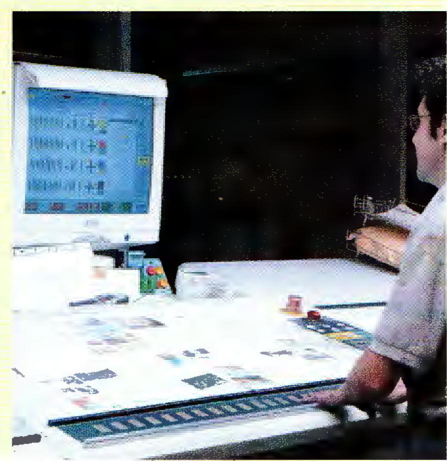
La electricidad tiene múltiples aplicaciones en la vida diaria. Por ejemplo, se emplea para obtener copias de documentos impresos. Para ello se utilizan cargas eléctricas.

Se usa una plancha que, al ser expuesta a un circuito eléctrico, adquiere una carga eléctrica. A continuación la plancha se expone al documento que se quiere copiar y, al incidir luz sobre este, sobre la plancha queda carga solamente en aquellas regiones que en el documento estaban oscuras, es decir, impresas.

De esta manera, la plancha queda con una imagen del documento original (formada por cargas eléctricas).

Cargas eléctricas para mostrar imágenes

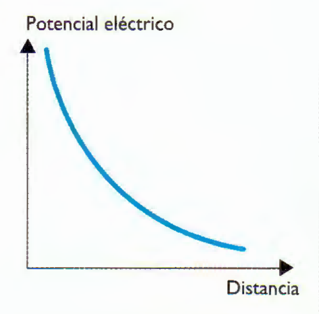
En el interior de un monitor de tubo, los campos eléctricos y magnéticos dirigen los electrones convenientemente sobre una pantalla. A medida que varía la señal recibida por el monitor, también varían el campo magnético y el eléctrico en su interior, con lo que la imagen se modifica.



El potencial eléctrico

Si dejamos en libertad una carga eléctrica en presencia de un campo eléctrico, la carga experimentará una fuerza proporcional al valor del campo que la obligará a moverse, y adquirirá, por tanto, energía cinética.

Es decir, es como si la carga, antes de empezar a moverse, tuviera cierta energía potencial por el hecho de estar dentro del campo eléctrico (al igual que ocurre con una masa elevada a cierta altura sobre la superficie terrestre). Y al moverse, dicha energía potencial se transforma en energía cinética.



Variación del potencial eléctrico con la distancia. Al aumentar la distancia, disminuye el potencial.



Representación del campo eléctrico creado por una carga positiva. Las flechas señalan la dirección en que comenzará a moverse una carga positiva introducida en dicho campo. Además, las líneas apuntan en la dirección y sentido en que disminuye el potencial. Es decir, el potencial eléctrico en A es mayor que en B.

Material	Potencial (V)
Vacío	$9 \cdot 10^9$
Papel	$2{,}43 \cdot 10^9$
Vidrio	$1{,}6 \cdot 10^9$
Agua (20 °C)	$1{,}1 \cdot 10^8$

Potencial eléctrico correspondiente a una carga de 1 C cuando nos situamos a 1 m de distancia.

Suponiendo que el potencial en un punto situado muy lejos de la carga que genera el campo es cero (en el infinito), podemos definir el concepto de potencial eléctrico (V), o simplemente potencial, debido a una carga Q (que es la que crea el campo eléctrico) como la energía potencial que tiene una carga eléctrica q dividida por el valor de la carga.

$$V = K \cdot \frac{Q}{r} = E \cdot r$$

El potencial eléctrico mide la energía potencial por unidad de carga: $V = \frac{E_p}{q}$.

La unidad del potencial eléctrico en el Sistema Internacional (SI) es el voltio (V).

Se puede comprobar que:

1. Las cargas mayores crean también potenciales mayores.
2. El valor del potencial eléctrico disminuye a medida que nos alejamos de la carga.



PARA SABER MÁS

Cargas y potencial eléctrico

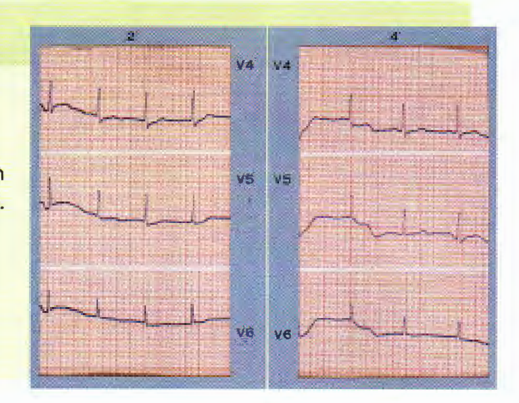
- Las cargas positivas crean potenciales positivos, y las negativas, potenciales negativos.
- El valor del potencial depende del valor de la carga y de la distancia.
- Las cargas positivas se mueven libremente de potenciales mayores a menores.



SABÍAS QUE...

Electrocardiograma

La vida humana depende de la electricidad. Cada segundo, impulsos eléctricos atraviesan el músculo cardíaco, produciendo los latidos. Estas señales mandan «ecos» a través de los tejidos hacia la piel, donde pueden ser detectados por sensores metálicos y representados en una gráfica: un «electrocardiograma».



La electricidad en la naturaleza

Existen varias clases de peces que pueden producir descargas eléctricas, como la anguila. Estas descargas les sirven de protección y para conseguir alimento.

Los órganos eléctricos están situados en el caso de la anguila en la cola, compuestos de más de mil placas dispuestas en forma de columna, que originan una serie de descargas eléctricas controladas por el sistema nervioso central.

El origen de esta energía eléctrica está en unas reacciones químicas que se producen en los tejidos de la anguila.

En la tabla de la derecha aparecen voltajes típicos.

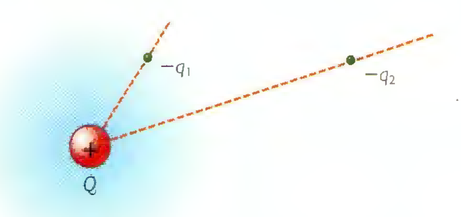
Aplicación	Voltaje (V)
Relámpago	15.000.000 V
Transporte de corriente	300.000 V
Radiografías	100.000 V
Bujías de automóvil	15.000 V
Tubos de neón	5.000 V
Tren eléctrico	3.000 V
Usos domésticos	220 V
Batería de automóvil	12 V
Radiotransistor	6 V
Linterna	4,5 V
Corriente muscular	0,05 V



Estas pilas cilíndricas tienen todas el mismo voltaje: 1,5 V.
La cuadrada tiene un potencial mayor: 9 V.

CÓMO HACER

- **Observemos el dibujo.**



a) **¿Se moverán en este caso las cargas q_1 y q_2 (ambas negativas y con igual valor de la carga) cuando se sitúan en el campo creado por la carga Q (positiva)?**

b) **¿Dónde será mayor el campo eléctrico, en el punto en que se sitúa q_1 o donde se sitúa q_2?**

c) **¿Dónde será mayor el valor del potencial eléctrico, en el punto donde se encuentra q_1 o donde se encuentra q_2?**

a) En este caso, la carga Q crea un campo eléctrico alrededor. Por ello, las cargas q_1 y q_2 experimentarán una fuerza (de atracción en este caso), y comenzarán a moverse hacia la carga Q.

b) Como q_1 está más cerca de Q que de q_2, en la posición q_1 el campo eléctrico será mayor. Esto quiere decir que la carga q_1 sufrirá una fuerza mayor que la carga q_2.

c) Como q_1 está más cerca de la carga Q, en la posición en la que se encuentra q_1 será mayor el valor del potencial eléctrico.
Cuanto más lejos estemos de la carga Q, menor será el valor del potencial eléctrico.

- **Una carga eléctrica positiva q, de 1 C, se encuentra situada en un campo eléctrico de $9 \cdot 10^3$ N/C de intensidad creado por una carga puntual Q, también positiva.**

Calcular:

a) **La fuerza que aparece sobre la carga q. ¿Cómo se moverá la carga en el campo eléctrico?**

b) **La energía potencial que tiene en dicho punto si el potencial es de 3.000 V.**

c) **Si la carga de 1 C se mueve entre dos puntos del campo cuya diferencia de potencial es de 1.000 V, ¿qué cantidad de energía necesita?**

a) Cuando una carga se sitúa en un campo eléctrico, aparece sobre ella una fuerza que depende de la intensidad del campo según la ecuación:

$$E = \frac{F}{q} \leftrightarrow$$



Despejamos el valor de la fuerza:

$$F = E \cdot q = 9 \cdot 10^3 \text{ N/C} \cdot 1 \text{ C} = 9 \cdot 10^3 \text{ N}$$

La carga q experimenta una fuerza de repulsión y se moverá alejándose de Q.

b) Para cada punto del campo, la carga q tiene un determinado contenido de energía, que depende del potencial eléctrico en ese punto, según la ecuación:

$$E_P = 1 \text{ C} \cdot 3.000 \text{ V} = 3.000 \text{ J}$$

c) Si queremos que la carga se mueva entre dos puntos del campo, debemos suministrarle una cantidad de energía que sea igual a la diferencia de energía que hay entre dichos puntos (ΔE_P), y que depende de la diferencia de potencial entre los puntos, según la siguiente ecuación:

$$V_A - V_B = \frac{\Delta E_P}{q}$$

$$\Delta E_P = (V_A - V_B) \cdot q = 1.000 \text{ V} \cdot 1 \text{ C} = 1.000 \text{ J}$$

Recuerda que la diferencia de potencial entre dos puntos es la energía que se necesita para que una carga de 1 C se mueva entre dichos puntos.

La corriente eléctrica

Cuando una carga se coloca en las inmediaciones de otras cargas, sufre una fuerza que puede desplazarla de su posición. El movimiento ordenado de las cargas genera una corriente eléctrica.

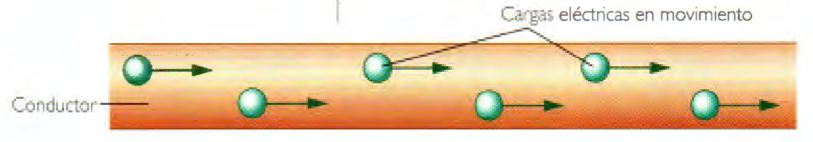
Ejemplo de un material conductor: el filamento de una lámpara.

¿Qué es la corriente eléctrica?

Las cargas eléctricas pueden desplazarse de un cuerpo a otro (por ejemplo, por frotamiento). La corriente eléctrica consiste en el desplazamiento ordenado de cargas eléctricas, normalmente electrones.

Para que se produzca una corriente se necesitan:

- Por una parte, cargas que puedan moverse. Estas cargas pueden ser electrones o cualquier otra especie con carga; por ejemplo, los iones, tanto positivos como negativos, originan corrientes eléctricas.
- Sustancias conductoras por donde puedan desplazarse las cargas móviles. Los conductores pueden ser sólidos, líquidos o gases.
- Y, finalmente, generadores, dispositivos que, manteniendo el desequilibrio de cargas y aportando la energía necesaria, consiguen el movimiento de dichas cargas. Son generadores las máquinas que existen en las centrales eléctricas, las dinamos que dan luz a una bicicleta o las pilas que permiten el funcionamiento de una linterna.



Si falta alguno de estos elementos, la corriente eléctrica no podrá mantenerse en un circuito. Así, cuando una pila se agota, ya no es capaz de transportar los electrones desde el borne positivo al borne negativo, y la corriente se interrumpe en el circuito.

Conductores y aislantes

En los materiales llamados conductores existen partículas con carga eléctrica que pueden desplazarse. Los metales son buenos conductores de la corriente eléctrica, pues disponen de electrones que pueden moverse con libertad a lo largo del metal. Los mejores conductores son la plata, el cobre, el oro y el aluminio.

En otros materiales, llamados aislantes, las cargas no pueden moverse con libertad, por lo que no se produce una corriente eléctrica. La madera o la goma son buenos aislantes, pues en ellos no hay cargas eléctricas que tengan libertad para moverse a lo largo del material.



Ejemplo de un material aislante: los mangos de las herramientas empleadas por electricistas.

Sentido de la corriente eléctrica

Las corrientes alimentadas por pilas se denominan corrientes continuas. Los electrones circulan siempre por el conductor en el mismo sentido, desde el polo negativo al polo positivo. Sin embargo, por convenio, el sentido de la corriente utilizado en los esquemas es el contrario, pues los primeros estudiosos de la electricidad pensaron que las cargas que se desplazaban eran las positivas, que lo harían moviéndose desde el polo positivo al negativo. Este es el sentido que se asignó, y que aún hoy mantenemos, a la corriente eléctrica.

La corriente que utilizamos en nuestras casas es corriente alterna. Las cargas en ella no se mueven siempre en el mismo sentido, sino que dicho sentido se invierte.

Los circuitos eléctricos

Todos los aparatos eléctricos funcionan gracias a que la electricidad circula por uno o varios circuitos. Y los aparatos electrónicos, también. Los circuitos electrónicos son circuitos eléctricos de características especiales.

Elemento	Símbolo
Conductor	
Pila	
Resistencia	
Interruptor abierto	
Interruptor cerrado	
Motor	M
Generador	G
Amperímetro	A
Voltímetro	V

Símbolos utilizados para representar los circuitos eléctricos.

Cuando el recorrido de las cargas eléctricas se cierra, decimos que existe un circuito eléctrico.

Elementos de un circuito

Generadores, receptores y conductores son los elementos básicos e imprescindibles para formar un circuito eléctrico. Además, estos elementos deben estar siempre unidos entre sí mediante algún material conductor; de lo contrario, el circuito se abriría y la electricidad dejaría de circular.

Pero, además, existen muchos otros elementos empleados, por ejemplo, para controlar cuándo debe circular la electricidad y cuándo no (mediante interruptores, por ejemplo), para medir las magnitudes que caracterizan la corriente eléctrica que circula por el circuito (aparatos de medida), etc.

Generadores

Los generadores proporcionan la energía necesaria para que circulen las cargas eléctricas por el circuito.



Las baterías utilizadas en automóviles, teléfonos móviles, videocámaras…, tienen la ventaja de ser recargables. Para ello, algunas deben conectarse a la red eléctrica cuando están agotadas.



Las pilas producen electricidad gracias a los cambios químicos que se producen en su interior. Son los generadores más baratos y los más usados en aparatos portátiles debido a su tamaño reducido y a su poco peso.



Conductores y aislantes	
Buenos conductores	Malos conductores
• Plata	• Goma
• Cobre	• Madera
• Oro	• Plástico
• Aluminio	• Cuarzo
• Hierro	• Vidrio
• Volframio	• Ebonita
• Plomo	• Ámbar



Los alternadores son los generadores empleados en las centrales eléctricas. Transforman la energía mecánica en energía eléctrica.

Receptores

Los receptores son los elementos que aprovechan la energía que circula por los circuitos eléctricos y la transforman en otro tipo de energía: calor, luz, sonido, movimiento, ondas, etcétera.

Pero todo tiene un coste. Estos receptores consumen energía eléctrica.

Elemento	Símbolo	Energía
Motor	(M)	Mecánica
Lámpara	⊗	Luminosa
Resistencia	—WW—	Calorífica

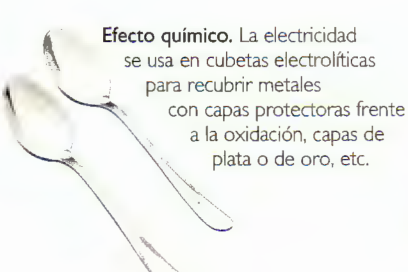
Ejemplos de receptores y principal energía obtenida con ellos.



Luz. Un efecto interesante es la producción de luz. El uso más común es el de iluminar una estancia, pero el desarrollo de la electrónica ha extendido el uso de pantallas para televisión, en computadoras, etc.



Sonido. La electricidad también puede transformarse en sonido mediante unos altavoces.



Efecto químico. La electricidad se usa en cubetas electrolíticas para recubrir metales con capas protectoras frente a la oxidación, capas de plata o de oro, etc.



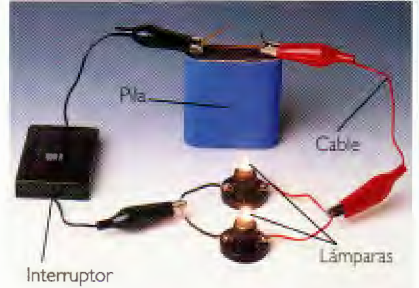
Calor. Un radiador transforma la electricidad en calor. Otros receptores que realizan transformaciones parecidas son las planchas, los tostadores o las cocinas y hornos eléctricos.



Comunicaciones. El uso de la electricidad ha permitido el desarrollo de aparatos capaces de emitir y recibir ondas de radio.



Movimiento. La invención del motor eléctrico hizo que muchas máquinas empleasen la electricidad como fuente de energía.



También se pueden incorporar a un circuito elementos de control. Permiten controlar el paso de la corriente por el circuito. Ejemplos: interruptores, conmutadores, pulsadores, etc.

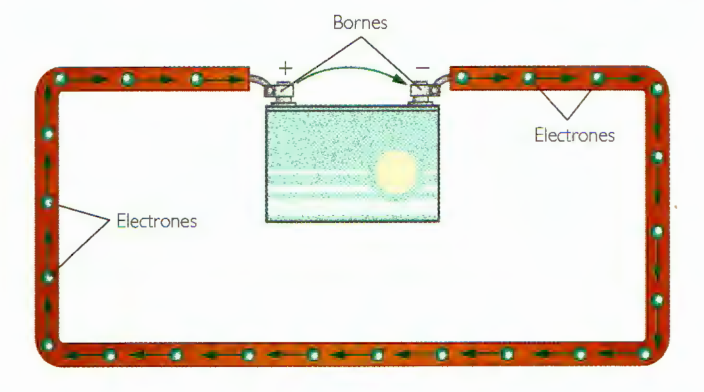
Por ejemplo, para crear un dispositivo sencillo para iluminar, tenemos que disponer de una serie de elementos:

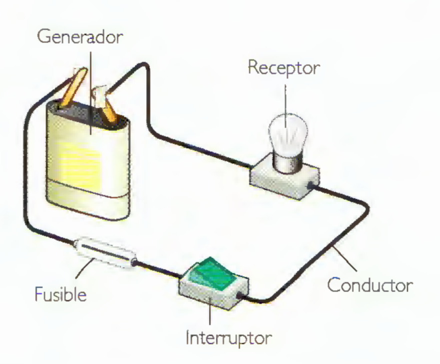
- Una pila, que proporciona la energía necesaria para producir la corriente.
- El cable, que conduce esta corriente hasta la bombilla.
- El interruptor, que nos permite encender o apagar la lámpara a voluntad.
- Las lámparas, que aprovechan esta corriente para producir luz.

La conservación de la carga eléctrica en un circuito

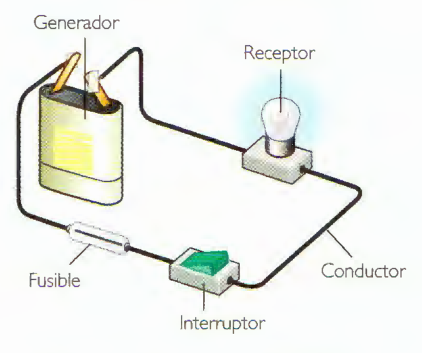
Debido al principio de conservación de la carga, los electrones no pueden desaparecer en su recorrido por el circuito. Todos los electrones que salen de un borne del generador llegan al otro borne tras completar el recorrido por el circuito. Este es el sentido real de circulación de los electrones.

Para que esa corriente se mantenga, el circuito tiene que estar cerrado.





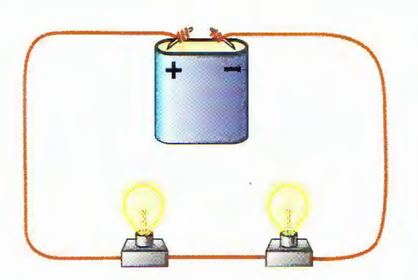
Circuito abierto. Los electrones no circulan por el circuito.



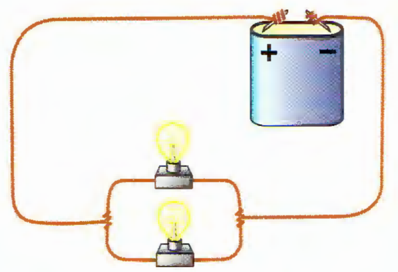
Circuito cerrado. Los electrones circulan por el circuito.

Circuitos en serie y en paralelo

En un circuito, los elementos que lo componen se pueden disponer de dos maneras básicas:



En serie, cuando los elementos se disponen uno a continuación de otro, en una misma rama del circuito.

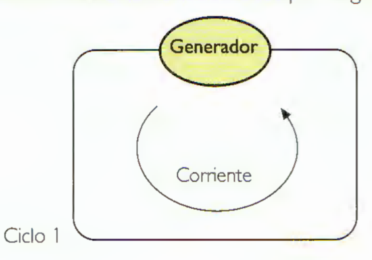


En paralelo, cuando diversos elementos se disponen en distintas ramas del circuito.

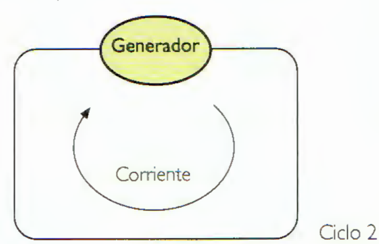
El sentido de la corriente eléctrica

La corriente eléctrica generada por una pila tiene siempre el mismo sentido. Es decir, los electrones siempre salen por el mismo borne y vuelven a entrar por el otro. Se trata de corriente continua. La corriente proporcionada por las pilas o una célula fotovoltaica es corriente continua.

Pero también puede ocurrir que la corriente eléctrica no tenga siempre el mismo sentido, sino que varíe de manera periódica. En este caso, la llamamos corriente alterna. La corriente que utilizamos en los hogares es corriente alterna. El sentido de giro de la corriente cambia 50 veces por segundo.



Ciclo 1

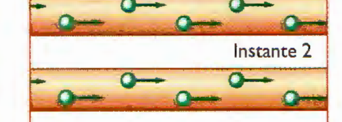


Ciclo 2

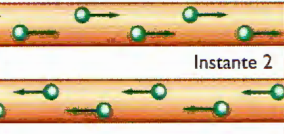
Tipos de corriente

La corriente eléctrica puede ser continua o alterna:

- **Corriente continua (DC): todos los electrones circulan siempre en el mismo sentido. Es la que proporcionan las pilas o baterías.**



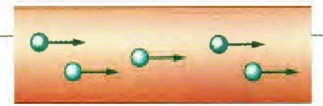
- **Corriente alterna (AC): los electrones cambian periódicamente su sentido de movimiento con el tiempo, realizando un movimiento de vaivén. Es la que obtenemos de la red eléctrica.**

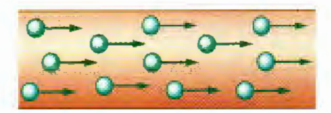


Magnitudes eléctricas

Para estudiar el funcionamiento de los circuitos es necesario conocer algunas magnitudes eléctricas, como intensidad de corriente, diferencia de potencial, resistencia, energía eléctrica y potencia eléctrica.

Intensidad de corriente


Menor intensidad de corriente


Mayor intensidad de corriente

Cuando circula la corriente eléctrica, existe un flujo de cargas. En el caso de un circuito eléctrico, los electrones se desplazan desde un borne del generador hasta el otro (un borne es cada uno de los polos de un generador).

Para cuantificar el número de cargas que circulan en la unidad de tiempo se utiliza una magnitud denominada intensidad de corriente.

La intensidad de corriente (*I*) es la **cantidad de carga eléctrica que atraviesa un conductor en un tiempo determinado**.

Matemáticamente se expresa con la siguiente fórmula:

$$I = \frac{Q}{t}$$

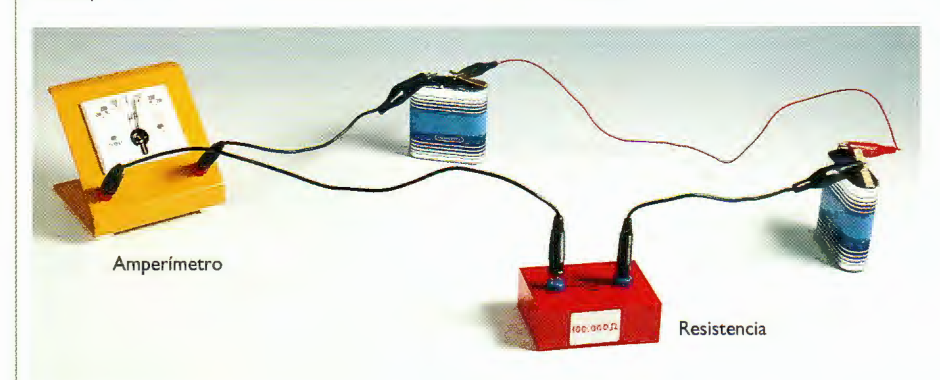
La unidad de la intensidad de corriente en el Sistema Internacional es el **amperio** (A): un amperio corresponde a **la intensidad de corriente que circula por un conductor cuando por este pasa una carga de un culombio en cada segundo**.

Como el amperio es una unidad muy grande, para expresar el valor de la corriente que circula por un conductor se utilizan muy a menudo submúltiplos de él:

- Miliamperio: 1 mA = 10^{-3} A.
- Microamperio: 1 μA = 10^{-6} A.

Las intensidades típicas que recorren los aparatos eléctricos utilizados en casa son de unos pocos miliamperios. Para medir la intensidad de corriente se utiliza un aparato llamado amperímetro.

Para medir la intensidad de corriente que pasa por un elemento del circuito, el amperímetro debe conectarse en serie con este elemento.



? SABÍAS QUE...

La intensidad de corriente y el cuerpo humano

Los daños causados por una descarga eléctrica dependen de la intensidad de corriente que circula por el cuerpo. Según la ley de Ohm ($I = (V_A - V_B)/R$), para una diferencia de potencial fija, la intensidad que circula es inversamente proporcional a la resistencia del camino. Se suele tomar la cantidad de 50 voltios como máxima tensión permisible de contacto, y es la diferencia de potencial que puede soportar el ser humano sin sufrir lesiones. Como la instalación de nuestras casas tiene una tensión de 220 V, habrá que tomar precauciones y no tocar los aparatos conectados a la red (secadores, televisor, neveras, lámparas, etc.) con las manos húmedas, lo que facilitaría el paso de la corriente.

Intensidades de corriente y sus efectos

Rango	Intensidad de corriente (mA)	Sensación	Consecuencias
Primero	2	Ligero cosquilleo.	Susto con movimientos incontrolados.
	10	Entumecimiento.	Paralización de la respiración.
	Hasta 25	Aumento de la presión sanguínea.	Pérdida del conocimiento.
Segundo	25 hasta 80	Fuertes calambres musculares, convulsiones.	Náuseas, rotura de huesos, falta de oxígeno.
Tercero	80 hasta 5.000	Fibrilación ventricular.	Paro cardiaco y muerte.
Cuarto	Más de 5.000	Quemaduras graves, paro cardiaco.	Muerte por quemaduras.

Diferencia de potencial

Al soltar una carga q en una región en la que existe un campo eléctrico, la carga comenzará a moverse y, por tanto, irá perdiendo energía potencial, que se convertirá en energía cinética.

Se llama diferencia de potencial, voltaje o tensión entre dos puntos, A y B, a la energía potencial (E_P) que adquiere o que pierde una carga cuando se traslada desde A hasta B, dividida por el valor de dicha carga.

$$V_A - V_B = \frac{\Delta E_P}{q}$$

En la expresión anterior:

- $V_A - V_B$: es la diferencia de potencial entre los puntos A y B.
- ΔE_P: es la energía potencial ganada o perdida por la carga q.
- q: es la carga eléctrica que adquiere o pierde energía potencial.

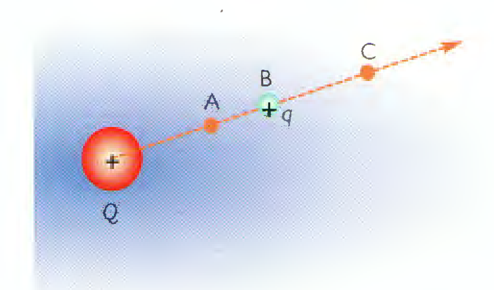
Al igual que para el potencial eléctrico, la unidad de la diferencia de potencial en el Sistema Internacional es el **voltio** (V).

Para medir la diferencia de potencial se usa el voltímetro. Esta diferencia se mide en voltios (V).

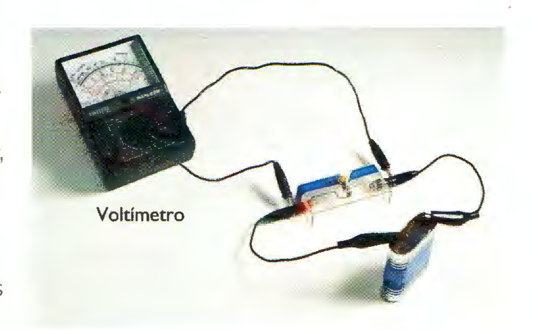
Para medir la diferencia de potencial entre los extremos de un receptor, hemos de colocar el voltímetro en paralelo con dicho receptor.

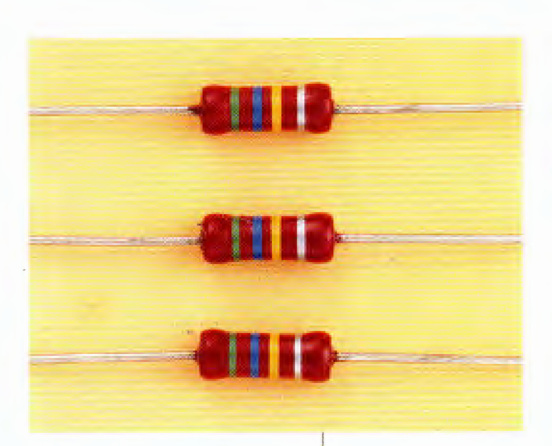
También podemos emplear un aparato llamado ***tester* o multímetro**, y conectarlo como un voltímetro.

El voltaje proporcionado por las pilas es de unos pocos voltios, mientras que la red eléctrica que llega a nuestros hogares proporciona un voltaje

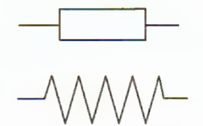


Al soltar la carga q en A, esta se desplaza alejándose de Q.





Resistencias eléctricas. Este tipo de resistencias se utiliza en los montajes electrónicos. Se denominan resistencias de carbón porque están construidas por un soporte dieléctrico alrededor del cual se deposita una fina capa de carbón conductor.



Símbolos de resistencias.

de 220 V. No obstante, el que la pila tenga un voltaje, por ejemplo, de 1,5 V, no significa que esta sea la diferencia de potencial entre los extremos de cualquier receptor conectado en el circuito.
Por ejemplo, podemos tener en el circuito dos bombillas conectadas en serie en las que la diferencia de potencial entre sus extremos sea de 0,75 V.

Resistencia eléctrica

Cuando la corriente eléctrica circula por un circuito, las cargas eléctricas que se mueven pueden chocar con las partículas que constituyen el material. A la magnitud que cuantifica la oposición que presenta un material al paso de la corriente eléctrica se la denomina resistencia.

La resistencia es **la oposición que ofrece un conductor al paso de corriente.**

Se mide en ohmios (Ω) en el SI. Su valor depende de tres factores:



1. **Longitud del conductor (*l*).** Cuanto más largo sea el hilo conductor, mayor será la resistencia que ofrece al paso de corriente eléctrica. Es directamente proporcional a la longitud: un hilo de 2 m de largo presentará una resistencia doble que otro hilo idéntico de 1 m de longitud.

2. **Sección del conductor (*S*).** Cuanto mayor sea la sección de un hilo conductor, menor será la resistencia que ofrece. La resistencia es inversamente proporcional a la sección: si la sección se duplica, la resistencia se reduce a la mitad. Es decir, los hilos gruesos presentan menos resistencia que los hilos delgados.



3. **Naturaleza del material.** Cada material ofrece una resistencia diferente al paso de las cargas, que depende de su estructura atómica. A este valor se le llama resistividad (ρ). La resistencia de un material es directamente proporcional a su resistividad. Los buenos conductores (cobre, plata) tienen una ρ pequeña, mientras que los malos conductores (madera, vidrio) tienen una ρ alta.

Tabla de resistividades

Material	ρ (Ω · mm²/m)
Plata	0,016
Cobre	0,017
Aluminio	0,028
Níquel	0,07
Hierro	0,1
Plomo	0,20
Nicromo	1
Carbón	63
Germanio	$4,5 \cdot 10^5$
Silicio	$6,4 \cdot 10^8$

Los buenos conductores tienen las resistividades más bajas.

A partir de estas magnitudes puede determinarse el valor de la resistencia:

$$R = \rho \cdot \frac{l}{S}$$

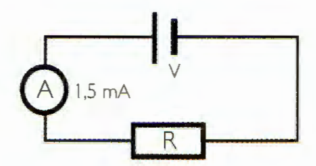
Donde *R* se mide en Ω; ρ, en Ω · mm²/m; *l*, en m, y, *S*, en mm². (En el SI, ρ se mide en Ω · m, y *S*, en m².)

Para medir el valor de la resistencia de un elemento en un circuito se emplea un aparato llamado **óhmetro**. Para medir, una de las ramas del óhmetro se conecta al receptor, y la otra rama del circuito se deja abierta, sin conectar al circuito.



CÓMO HACER

- **En un circuito, formado por una pila y una resistencia, hemos insertado un amperímetro, obteniendo los valores que se indican.**



Si consideramos que por el cable circula una carga de 1,6021 · 10^{-19} C, calcular el tiempo empleado para desplazar esta carga.

En este caso:

$$I = \frac{Q}{t} \rightarrow t = \frac{Q}{I} =$$

$$= \frac{1{,}6021 \cdot 10^{-19}\ \text{C}}{1{,}5 \cdot 10^{-3}\ \text{A}} = 1{,}068 \cdot 10^{-16}\ \text{s}$$

- **Observemos la siguiente situación, en la que se desplaza una carga de un punto a otro de diferente potencial.**



a) Para realizarlo se necesita una energía de 4,5 · 10^2 J. ¿Cuál es la diferencia de potencial entre los dos puntos A y B?

b) Si el valor del potencial eléctrico en el punto A es de 11,25 · 10^6 V, ¿cuál será el valor del potencial eléctrico en B?

a) La diferencia de potencial entre esos dos puntos será:

$$V_A - V_B = \frac{\Delta E_P}{q} = \frac{4{,}5 \cdot 10^2\ \text{J}}{0{,}2 \cdot 10^{-3}\ \text{C}} =$$

$$= 2.250.000\ \text{V} = 2{,}25 \cdot 10^6\ \text{V}$$

b) Si conocemos el valor del potencial de uno de los extremos, podemos calcular el del otro. Como en el punto A el valor del potencial es 11,25 · 10^6 V, en el punto final B será:

$$V_A - V_B = 2{,}25 \cdot 10^6\ \text{V} \rightarrow$$

$$\rightarrow V_B = 11{,}25 \cdot 10^6 - 2{,}25 \cdot 10^6 =$$

$$= 9 \cdot 10^6\ \text{V}$$

- **Tenemos tres cables de longitud 1 m y sección 0,25 mm² de tres materiales: plata, cobre y aluminio. ¿Cuál conducirá mejor la corriente?**

Usamos los valores de la resistividad y sustituimos en la expresión de la resistencia:

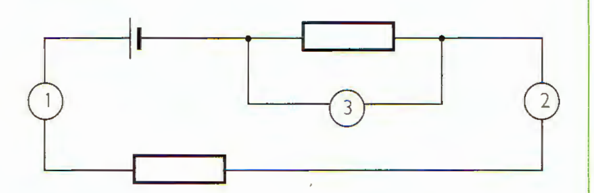
$$R = \rho \cdot \frac{l}{S} = \rho \cdot \frac{1\ \text{m}}{0{,}25\ \text{mm}^2} =$$

$$= 4\,\frac{\text{m}}{\text{mm}^2} \cdot \rho$$

- Plata → $R = 4 \cdot 0{,}016 = 0{,}064\ \Omega$.
- Cobre → $R = 4 \cdot 0{,}017 = 0{,}068\ \Omega$.
- Aluminio → $R = 4 \cdot 0{,}028 = 0{,}112\ \Omega$.

El mejor conductor será la plata, pues presenta una resistencia menor.

- **En el circuito de la figura, indicar cuál es el voltímetro y cuál es el amperímetro. ¿Qué magnitud mide cada uno de estos aparatos?**



1 y 2 son amperímetros que miden la intensidad de corriente, y se colocan en serie; 3 es un voltímetro que mide la diferencia de potencial, y se coloca en paralelo.

- **Para elaborar un circuito eléctrico es necesario construir un elemento de 0,017 Ω a partir de un hilo de cobre. ¿Cuál deberá ser la longitud del hilo si su sección es de 1,5 mm²?**

Dato: ρ_{Cu} = 1,7 · 10^{-8} Ω · m.

Teniendo en cuenta que:

$$S = 1{,}5\ \text{mm}^2 = 1{,}5\ \text{mm}^2 \cdot \frac{1\ \text{m}^2}{10^6\ \text{mm}^2} =$$

$$= 1{,}5 \cdot 10^{-6}\ \text{m}^2$$

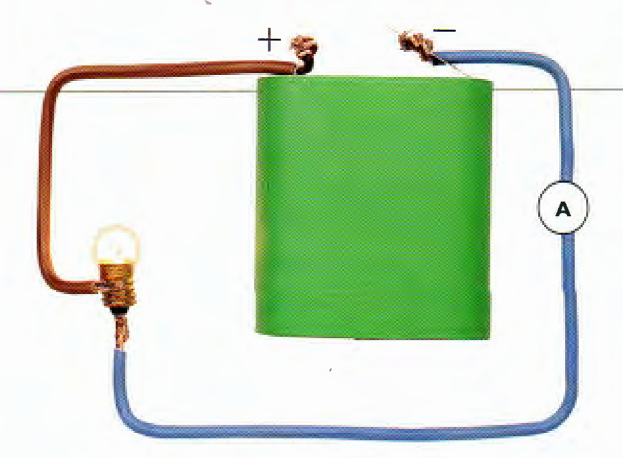
$$R = \rho \cdot \frac{l}{S}$$

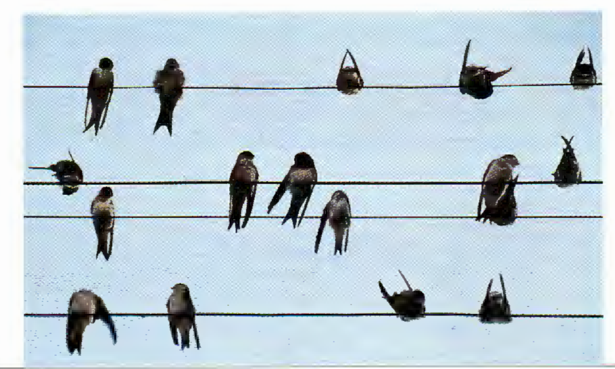
$$0{,}017 = 1{,}7 \cdot 10^{-8} \cdot \frac{l}{1{,}5 \cdot 10^{-6}}$$

$$l = \frac{0{,}017 \cdot 1{,}5 \cdot 10^{-6}}{1{,}7 \cdot 10^{-8}} = 1{,}5\ \text{m}$$

La ley de Ohm

Si en un circuito cambiamos la pila que lo alimenta por otra de mayor voltaje, variará la lectura ofrecida por el amperímetro.





La ΔV entre las patas de los pájaros es muy pequeña y, según la ley de Ohm, la intensidad que circula por ellos también lo es. Por eso no se electrocutan.

Si sustituimos la pila por una de mayor voltaje, transportará las cargas entre sus bornes con una mayor rapidez. Por tanto, el ritmo al que saldrán las cargas del generador será mayor y, por consiguiente, el valor de la intensidad de corriente en el circuito también será mayor.

La ley de Ohm

Las tres magnitudes presentes en los circuitos: diferencia de potencial, resistencia e intensidad de corriente, están relacionadas a través de una expresión, descubierta a partir de experiencias por el físico alemán Georg Simon Ohm (1789-1854).

Es conocida como ley de Ohm y dice que:

La relación entre la tensión, la resistencia y la intensidad de corriente en un circuito es la siguiente:

$$I = \frac{V_B - V_A}{R} = \frac{\Delta V}{R}$$

Una mayor diferencia de potencial implica una intensidad mayor. Y una resistencia mayor en el circuito hará que la intensidad de corriente se reduzca.

A partir de la ley de Ohm podemos definir el ohmio como la resistencia de un conductor por el que circula una corriente de un amperio cuando entre sus extremos se establece una diferencia de potencial de un voltio. Utilizando la ley de Ohm es fácil calcular I, ΔV o R a partir de las otras dos.

La ley de Ohm permite definir el voltio, el amperio y el ohmio

Voltio. La diferencia de potencial que existe entre los extremos de una resistencia de 1 ohmio, recorrida por una corriente de 1 amperio:

$$V \text{ (voltios)} = R \text{ (ohmios)} \times I \text{ (amperios)}$$

Amperio. La intensidad de una corriente que pasa por una resistencia de 1 ohmio sometida a una diferencia de potencial de 1 voltio:

$$I \text{ (amperios)} = \frac{V \text{ (voltios)}}{R \text{ (ohmios)}}$$

Ohmio. La resistencia de un conductor que, sometido a una diferencia de potencial de 1 voltio, es atravesado por una corriente de 1 amperio:

$$R \text{ (ohmios)} = \frac{V \text{ (voltios)}}{I \text{ (amperios)}}$$



CÓMO HACER

- **Calcular la resistencia de un conductor por el que circula una corriente de 2 A bajo una tensión de 12 V.**

  Aplicando la expresión de la ley de Ohm:

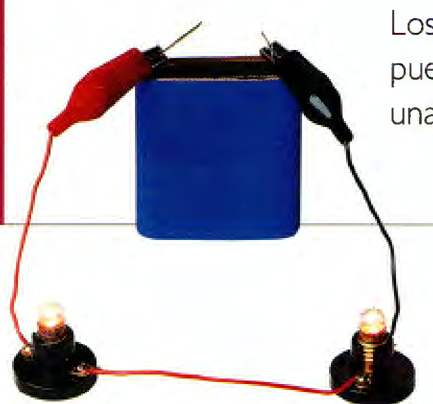
  $$I = \frac{\Delta V}{R} \rightarrow 2 \text{ A} = \frac{12 \text{ V}}{R} \rightarrow R = 6\ \Omega$$

- **Por un conductor de 10 Ω de resistencia circula una corriente de 2 A. Calcular la diferencia de potencial entre sus extremos.**

  Utilizando la ley de Ohm, tenemos:

  $$I = \frac{\Delta V}{R} \rightarrow 2 \text{ A} = \frac{\Delta V}{10\ \Omega} \rightarrow \Delta V = 20 \text{ V}$$

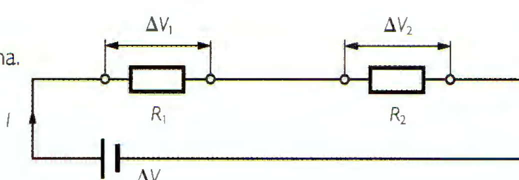
Cálculos en **circuitos eléctricos**


Circuito con dos lámparas agrupadas en serie.

Los elementos que forman parte de un circuito pueden agruparse en serie, en paralelo o formando una agrupación mixta.

Circuitos con resistencias agrupadas en serie

Los elementos están conectados uno a continuación de otro. Observemos el esquema de la derecha.



En este caso, todas las cargas que salen de la primera bombilla pasan por la segunda bombilla. Por tanto, la intensidad que pasa por cada resistencia es la misma.

$$I_1 = I_2$$

La diferencia de potencial en cada bombilla dependerá entonces del valor de la resistencia de cada una. Pero el voltaje proporcionado por la pila será igual a la suma de la diferencia de potencial de cada bombilla.

$$\Delta V = \Delta V_1 + \Delta V_2$$

El conjunto de resistencias se puede sustituir por otra, llamada resistencia equivalente (R_{eq}), que puede calcularse sumando el valor de todas las resistencias del circuito.

$$R_{eq} = R_1 + R_2$$

De aquí se deduce que cuando agrupamos varios receptores (en este caso bombillas) en serie, la resistencia equivalente es mayor que la de cualquiera de ellas.



CÓMO HACER

A una pila de 12 V se conectan en serie tres resistencias de 15, 5 y 3 Ω, respectivamente.

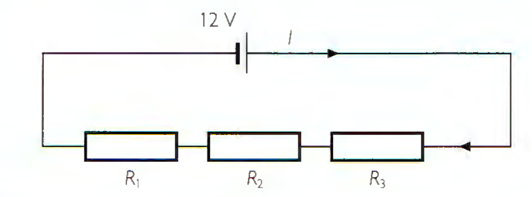
Realizar un esquema del circuito formado y calcular:

a) La resistencia equivalente.

b) La intensidad que circula por el circuito y la que circula por cada una de las resistencias.

c) El voltaje en cada una de las resistencias.

El circuito formado se representa así:



a) Las resistencias están conectadas en serie, por tanto, la resistencia equivalente valdrá:

$$R = R_1 + R_2 + R_3 = 15\ \Omega + 5\ \Omega + 3\ \Omega = 23\ \Omega$$

b) Para calcular la intensidad que circula por el circuito, aplicamos la ley de Ohm:

$$I = \frac{\Delta V}{R} = \frac{12\ \text{V}}{23\ \Omega} = 0{,}52\ \text{A}$$

Como las resistencias están conectadas en serie, la intensidad en todas ellas es la misma:

$$I = I_1 = I_2 = I_3 = 0{,}52\ \text{A}$$

c) La diferencia de potencial en cada una de las resistencias depende de su valor. Aplicamos la ley de Ohm a cada una de las resistencias:

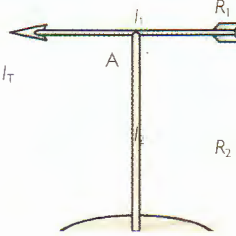
- $\Delta V_1 = I \cdot R_1 = 0{,}52\ \text{A} \cdot 15\ \Omega = 7{,}8\ \text{V}$
- $\Delta V_2 = I \cdot R_2 = 0{,}52\ \text{A} \cdot 5\ \Omega = 2{,}6\ \text{V}$
- $\Delta V_3 = I \cdot R_3 = 0{,}52\ \text{A} \cdot 3\ \Omega = 1{,}6\ \text{V}$



En una vivienda, los diferentes componentes que funcionan con electricidad se disponen en paralelo. Así, una avería en uno de ellos no inutiliza el resto.

Circuitos con resistencias agrupadas en paralelo

En estos circuitos, los elementos están conectados de la siguiente forma. Observemos el dibujo:



Ahora no ocurre lo mismo que en el circuito anterior, puesto que cuando las cargas llegan al punto A se reparten:

- Unas circulan por la rama superior, en la que está la resistencia R_1.
- Otras circulan por la rama inferior, donde se encuentra la resistencia R_2.

Por tanto, podemos decir que la intensidad «se divide» por cada una de las ramas. Pero, como la carga eléctrica se conserva (no puede desaparecer ni aparecer), el número de cargas que circulan por la rama superior más el número de cargas que circulan por la rama inferior es igual al número de cargas que salen y que entran al generador. Es decir:

$$I_T = I_1 + I_2$$

Pero las cargas no se reparten por las diferentes ramas de forma aleatoria. Se desplazarán más cargas, es decir, habrá mayor intensidad de corriente, hacia la rama del circuito en la que la resistencia sea menor. Y la intensidad será menor por la rama del circuito en la que la resistencia sea mayor. Por tanto, el producto $I \cdot R$ en cada rama del circuito será igual, es decir:

$$\Delta V = \Delta V_1 = \Delta V_2$$

Con elementos agrupados en paralelo, la resistencia equivalente se calcula de la siguiente forma:

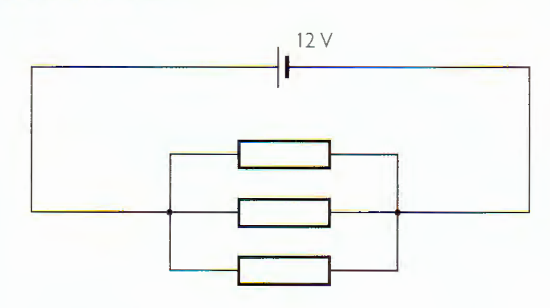
$$\frac{1}{R_{eq}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}$$

Esto quiere decir que la resistencia equivalente puede ser menor que alguna o que ambas resistencias.



CÓMO HACER

En el circuito de la figura, determinar la diferencia de potencial y la intensidad de corriente para cada una de las resistencias.



La resistencia equivalente del circuito será:

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} \rightarrow R = 1{,}62\ \Omega$$

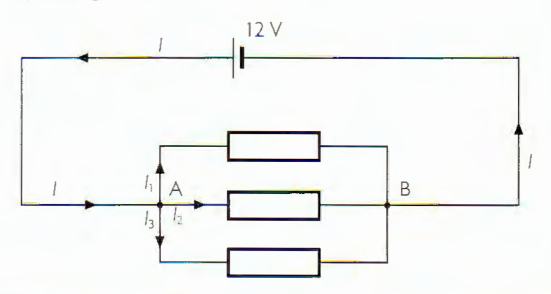
En el nudo A: $I = I_1 + I_2 + I_3$.

Según la ley de Ohm:

$$I = \frac{\Delta V}{R} = 7{,}4\ \text{A}$$

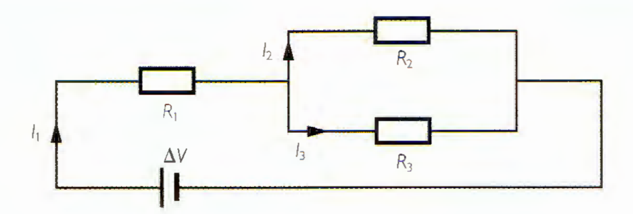
- $I_1 = 3$ A; • $I_2 = 2{,}4$ A; • $I_3 = 2$ A

Respuesta gráfica:



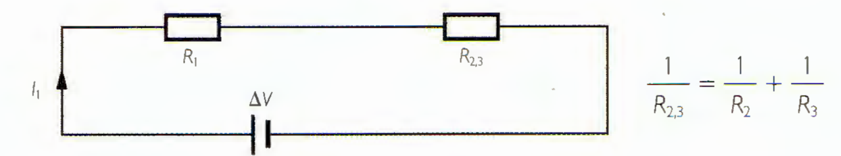
Circuitos mixtos

En un circuito mixto existen elementos conectados en serie y otros en paralelo:



Para resolver el circuito, se va reduciendo paso a paso, hasta que nos quedemos con una única resistencia.

1. Primero reducimos las dos resistencias en paralelo a su equivalente ($R_{2,3}$).



$$\frac{1}{R_{2,3}} = \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}$$

2. A continuación calculamos la resistencia equivalente de las dos que tenemos ahora conectadas en serie:

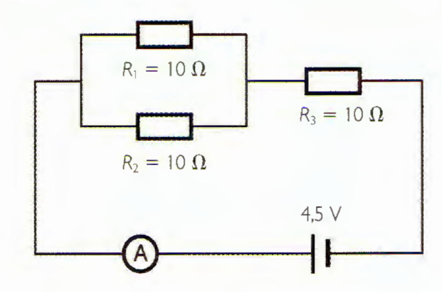
$$R_{eq} = R_1 + R_{2,3}$$

R_{eq}

ΔV

CÓMO HACER

- **Calcular la intensidad que circula por el amperímetro en este circuito:**



Calculamos la resistencia equivalente:

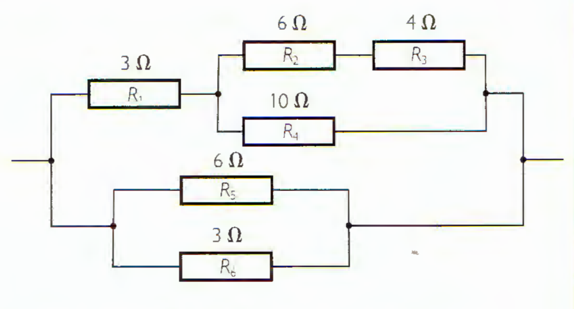
$$\frac{1}{R_{eq\,1,2}} = \frac{1}{10\ \Omega} + \frac{1}{10\ \Omega} \rightarrow R_{eq\,1,2} = 5\ \Omega$$

$$R_{eq\,1,2,3} = R_{eq\,1,2} + R_3 = 5\ \Omega + 10\ \Omega = 15\ \Omega$$

Y aplicando la ley de Ohm:

$$I = \frac{\Delta V}{R_{eq\,1,2,3}} = \frac{4{,}5\ V}{15\ \Omega} = 0{,}3\ A$$

- **Hallar la resistencia equivalente del circuito:**



$R_{2,3} = R_2 + R_3 = 6\ \Omega + 4\ \Omega = 10\ \Omega$. Así:

$$\frac{1}{R_{2,3,4}} = \frac{1}{R_{2,3}} + \frac{1}{R_4} \rightarrow R_{2,3,4} = 5\ \Omega$$

$$R_1 + R_{2,3,4} = 3 + 5 = 8\ \Omega$$

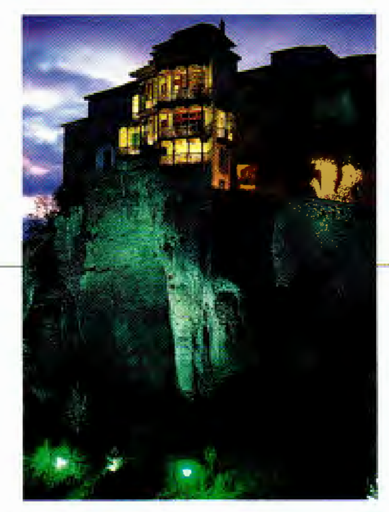
R_5 y R_6 se pueden reducir a:

$$\frac{1}{R_{5,6}} = \frac{1}{R_5} + \frac{1}{R_6} = R_{5,6} = 2\ \Omega \rightarrow$$

$$\rightarrow \frac{1}{R} = \frac{1}{8} + \frac{1}{2} \rightarrow R = 1{,}6\ \Omega$$

La energía y la potencia eléctricas

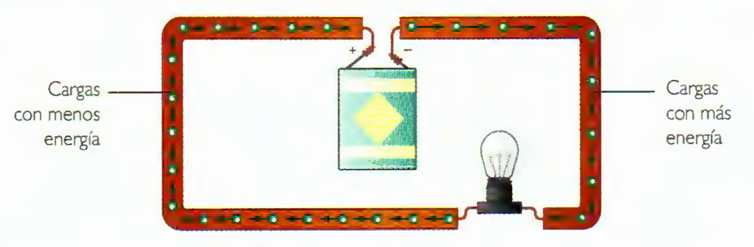
En un circuito, los receptores reciben la energía de la corriente eléctrica, producida y mantenida por un generador, y la transforman en otros tipos de energía.



Iluminación artificial en casas colgantes.

Energía eléctrica

¿Cómo obtienen la energía los receptores en un circuito eléctrico? Evidentemente, de las cargas que circulan por el circuito. Todas las cargas que salen del generador vuelven al mismo tras recorrer el circuito, pero las cargas vuelven al generador con menos energía de la que tenían al salir: han cedido energía en su recorrido por el circuito.



La energía disipada por la carga eléctrica que se desplaza entre dos puntos de un conductor que se encuentran a distinto potencial viene dada por la expresión:

$$\text{Energía} = (V_A - V_B) \cdot Q$$

Y, a partir de la definición de intensidad, obtenemos: $Q = I \cdot t$.

$$\text{Energía} = (V_A - V_B) \cdot I \cdot t$$

Esta energía es aportada por el generador y consumida por la bombilla de resistencia R.

Por la ley de Ohm sabemos que $(V_A - V_B) = I \cdot R$. Sustituyendo $(V_A - V_B)$ en la expresión de la energía nos queda:

$$\boxed{\text{Energía} = I^2 \cdot R \cdot t}$$

La unidad de la energía en el Sistema Internacional es el julio (J).

Efecto calorífico de la corriente eléctrica. Ley de Joule

Cuando por un conductor circula corriente eléctrica, parte de la energía eléctrica se transforma en calor: los electrones en su movimiento chocan con las partículas del conductor, les transmiten parte de su energía y el conductor se calienta.

$$\boxed{\text{Energía (julios)} = I^2 \cdot R \cdot t \rightarrow \text{Energía (calorías)} = 0{,}24 \cdot I^2 \cdot R \cdot t}$$

Esta expresión matemática se conoce con el nombre de ley de Joule.

El efecto calorífico de la corriente eléctrica se aprovecha en aparatos eléctricos, como estufas, planchas, etc., elaborados con conductores de la electricidad y que, en algunos casos, son de gran longitud (arrollados en espiral).

EVITA LOS ERRORES

Intensidad del campo eléctrico y energía

Tanto la intensidad del campo eléctrico como la energía eléctrica se presentan habitualmente en textos de física con la letra *E*.

Prestemos especial atención para no confundir una magnitud con la otra.

Potencia eléctrica

Para mantener la corriente eléctrica en un circuito hace falta proporcionar energía que se consume en los receptores, en los conductores, etc.

La potencia es la rapidez con la que un aparato eléctrico consume o transforma la energía eléctrica que recibe. Viene dada por la siguiente expresión:

$$P = \frac{\text{Energía}}{t} = \frac{(V_A - V_B) \cdot I \cdot t}{t} = (V_A - V_B) \cdot I = I^2 \cdot R$$

Su unidad es el vatio (W), que se define como 1 julio/1 segundo. Otra unidad de potencia es el kilovatio (kW) = 1.000 W.

Otra unidad de energía: el kilovatio hora

El julio es la unidad de energía eléctrica en el Sistema Internacional, pero habitualmente, sobre todo en ámbitos industriales y domésticos, se emplea otra unidad: el kilovatio hora (kWh).

A partir de la potencia eléctrica es fácil comprender esta unidad de energía: el kilovatio hora es la energía que consume un aparato eléctrico de 1 kW de potencia que funciona durante un tiempo de 1 hora.

La equivalencia entre el kilovatio hora y el julio es la siguiente:

$$1 \text{ kWh} = 3.600.000 \text{ J} = 3{,}6 \cdot 10^6 \text{ J}$$



CÓMO HACER

En el casquillo de una lámpara aparece la inscripción 220 V-40 W. Con estos datos, calcular:

a) La intensidad de corriente que pasa por la lámpara cuando se conecta a la tensión indicada.

b) La resistencia de la lámpara.

c) La energía eléctrica consumida en 8 horas de funcionamiento, expresada en kWh.

d) La cantidad de calor irradiada por la lámpara en 1 minuto de funcionamiento.

e) Si la lámpara se conecta a una tensión de 110 V, ¿desarrollará la misma potencia?

Las indicaciones que aparecen significan:

- La tensión máxima a la que se puede conectar: $\Delta V = 220$ V.
- La potencia eléctrica: $P = 40$ W.

a) La intensidad de corriente que circula por la lámpara cuando se conecta a dicha tensión es:

$$I = \frac{P}{\Delta V} = \frac{40 \text{ W}}{220 \text{ V}} = 0{,}18 \text{ A}$$

b) La resistencia de la lámpara la calculamos aplicando la ley de Ohm:

$$R = \frac{\Delta V}{I} = \frac{220 \text{ V}}{0{,}18 \text{ A}} = 1.222 \ \Omega$$

c) La potencia eléctrica equivale a la cantidad de energía eléctrica consumida por la lámpara en la unidad de tiempo. Si la lámpara ha estado funcionando durante 8 h:

$$E = P \cdot t = 40 \text{ W} \cdot \frac{1 \text{ kW}}{10^3 \text{ W}} \cdot 8 \text{ h} =$$
$$= 0{,}32 \text{ kWh}$$

d) El calor que desprende una resistencia se puede determinar aplicando la ley de Joule:

$$\text{Calor} = I^2 \cdot R \cdot t =$$
$$= (0{,}18 \text{ A})^2 \cdot 1.222 \ \Omega \cdot 60 \text{ s} \cdot 0{,}24 \text{ cal/J} =$$
$$= 570 \text{ cal}$$

e) La potencia desarrollada depende de la tensión: $P = \Delta V \cdot I$. Por tanto, conectada a 110 V desarrollará menor potencia:

$$P = \Delta V \cdot I = \Delta V \cdot \frac{\Delta V}{R} = \frac{\Delta V^2}{R} =$$
$$= \frac{110^2}{1.222} = 9{,}9 \text{ W}$$

Esto se traduce en que la lámpara ilumina menos.

SABÍAS QUE...

Efectos de un rayo sobre un avión o un automóvil

Cuando un rayo alcanza un avión o un automóvil, el daño para los ocupantes suele ser insignificante. ¿Sabes cuál es la razón?

La razón está en que la corriente eléctrica asociada al rayo se distribuye en la superficie del automóvil o del avión, sin penetrar en su interior (jaula de Faraday). El único peligro podría venir de una pérdida de combustible....

Magnetismo

El nombre de magnetismo, proviene de Magnesia, una ciudad de la antigua Grecia en la que abundaba un mineral con propiedades magnéticas (es decir, capaz de atraer al hierro y a otros metales). Este mineral se conoce ahora con el nombre de magnetita.



Imán permanente e imanes temporales (clavos).

El magnetismo y los imanes

El magnetismo es la propiedad que presentan algunas sustancias de atraer objetos elaborados con ciertos materiales metálicos; y a los cuerpos que presentan dicha propiedad se les denomina imanes.

Por su naturaleza existen dos tipos de imanes:

- Imán natural: aquel que atrae el hierro por su propia composición.
- Imán artificial: aquel que ha sido magnetizado por medio de una imantación.

La imantación de dichos imanes puede realizarse por frotamiento, por contacto o por medio de una corriente eléctrica.

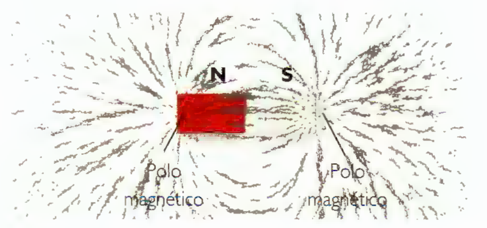
No toda sustancia puede ser imantada; depende de la naturaleza de los átomos que la forman.

La duración de la imantación no es igual en todos los cuerpos. Según la sustancia, este efecto puede durar más o menos tiempo. Así pues, podemos obtener dos clases de imanes artificiales.

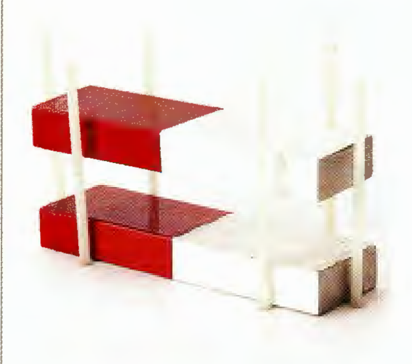
- Temporal: aquel que presenta la imantación bajo determinadas condiciones.
- Permanente: aquel que conserva la propiedad de magnetismo durante mucho tiempo.

Magnetita. Es un imán natural.

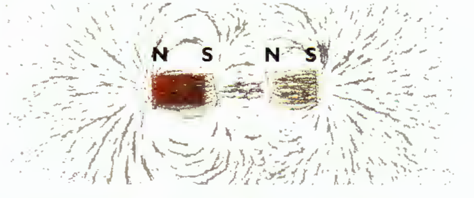
Propiedades de los imanes



Un imán está formado por dos polos, un polo norte y un polo sur, que son zonas donde el magnetismo es más intenso; y una zona neutra, donde el magnetismo es nulo.



Los polos del mismo nombre se repelen, mientras que los polos de distinto nombre se atraen.



Un imán está formado por infinidad de imanes elementales. Cada uno de los trozos obtenidos al romper un imán sigue conservando las mismas propiedades que el imán original, presentando también dos polos.

El campo magnético



En las fulguraciones solares, la materia, cargada eléctricamente, sigue una trayectoria que coincide con las líneas del campo magnético producido por la estrella.

Los imanes crean a su alrededor un «campo de fuerzas», llamado campo magnético. Cuando se introduce un objeto de hierro, acero, etc., en un campo magnético, sufre una fuerza.

Campo magnético y líneas de fuerza

Se llama campo magnético a la zona alrededor de un imán donde se ponen de manifiesto sus efectos magnéticos.

La intensidad del campo magnético se mide en una unidad llamada tesla (T) en el Sistema Internacional, en honor de Nikola Tesla (1856-1943), un científico que realizó trabajos relacionados con la electricidad y el magnetismo. Otra unidad muy empleada es el gauss (G). La equivalencia entre ambas unidades es $1 \text{ T} = 10^4 \text{ G}$. Un imán fuerte crea en sus inmediaciones un campo de entre 0,1 y 0,5 T.

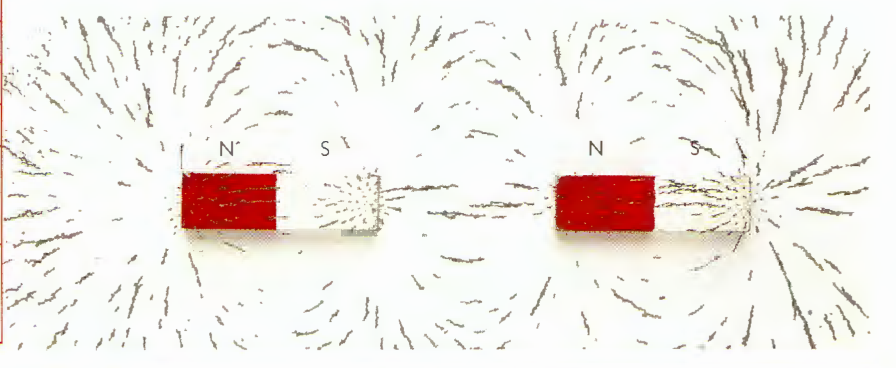
Para visualizar el campo magnético, Michael Faraday (1791-1867) esparció limaduras de hierro sobre un papel colocado encima de un imán. Observó que las limaduras se situaban en líneas cerradas; es decir, líneas que parten de un polo del imán y que llegan al otro polo. Además, las líneas no se cortan. Estas líneas se llaman líneas de campo y, por convenio, se dice que salen del polo norte y entran en el polo sur.

No existe una expresión matemática sencilla que sirva para determinar el campo magnético en las inmediaciones de un imán, pero podemos decir que:

- El campo magnético se reduce a medida que nos alejamos del imán.
- El campo magnético depende del medio en el que situemos al imán.

Ejemplo	Campo magnético (T)
Inmediaciones de circuito eléctrico	10^{-6}
Campo magnético terrestre	$0{,}3 \cdot 10^{-4}$
Manchas solares	0,15
Imán	0,1-0,5
Imán industrial	1
Interior de un acelerador de partículas	1-2
Reactores de fusión nuclear	5,2

Algunos campos magnéticos típicos.



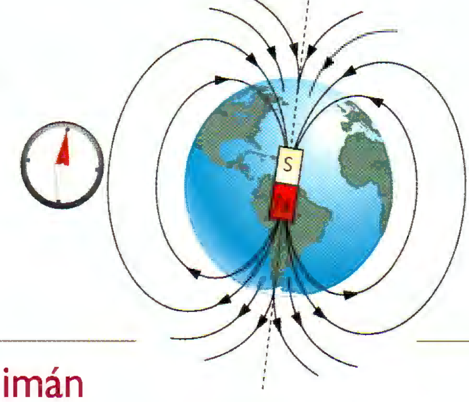
? SABÍAS QUE...

Exposición a campos magnéticos

Algunos científicos sostienen que la exposición del ser humano por encima de ciertos niveles de radiación electromagnética causa enfermedades relacionadas con el cáncer, en especial los tumores cerebrales y la leucemia infantil. De aquí la necesidad de verificar y controlar las emisiones de campo electromagnético en líneas de alta tensión, cuadros eléctricos, ordenadores, televisores... La Organización Mundial de la Salud considera que existe suficiente seguridad hasta valores de 0,001 T.

Magnetismo **terrestre**

El núcleo de la Tierra está compuesto por una aleación de hierro y níquel. Este material es muy buen conductor de la electricidad y se mueve con facilidad por encontrarse en estado líquido.



Campo magnético terrestre.

La Tierra actúa como un imán

Si tomamos una aguja imantada y la dejamos girar libremente, se orientará siempre en una misma dirección norte-sur. De ahí que al polo de un imán que se orienta hacia el norte geográfico le denominemos polo norte, y al otro polo del imán, polo sur.

Esto quiere decir que la Tierra se comporta como un enorme imán. Y es debido a que, a medida que la Tierra gira, también lo hace el hierro fundido que forma su núcleo.

Los polos geográficos y los polos magnéticos de la Tierra no coinciden, es decir, que el eje N-S geográfico no es el mismo que el eje N-S magnético.

La brújula y el magnetismo terrestre

Probablemente, la primera aplicación práctica del magnetismo lo constituyó un imán empleado en navegación. Como uno de los polos de un imán se dirige hacia el polo norte geográfico (aproximadamente), un imán puede emplearse para orientarse. Las referencias de la utilización de imanes en navegación marítima se remontan al siglo XII.

Una brújula es un instrumento con una aguja imantada que gira libremente sobre un eje y señala el sur magnético. Esto sirve para conocer las direcciones sobre la superficie terrestre, pues la aguja se orienta aproximadamente en la dirección

El polo norte de la brújula orienta hacia el polo sur magnético terrestre que coincide aproximadamente con el polo norte geográfico, ya que los polos del mismo signo se repelen y los de diferente signo se atraen.

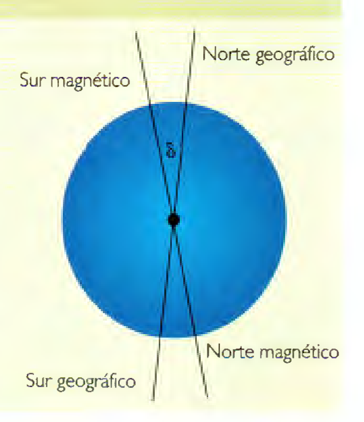


GPS, aparato para medir la posición por satélite.

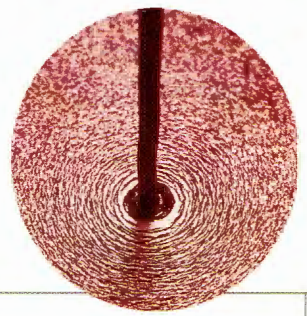
? SABÍAS QUE...

La situación de los polos magnéticos está ligeramente desplazada con respecto al eje geográfico. El ángulo formado entre el eje geográfico y el magnético se llama declinación y se representa con la letra griega δ (delta).

Como el polo sur magnético no está situado exactamente sobre el polo norte geográfico, los vuelos sobre las regiones árticas tenían dificultades para la orientación. En la actualidad, el sistema de posicionamiento GPS utiliza enlaces con satélites para fijar la posición de un barco o de un avión sobre el globo terrestre.



Efecto magnético de la corriente eléctrica



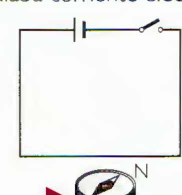
Campo magnético creado por un conductor rectilíneo.

Durante muchos siglos, los fenómenos magnéticos no tuvieron demasiado interés para los científicos.
Pero el estudio del magnetismo cobró un tremendo impulso tras los descubrimientos que relacionaron el magnetismo con la corriente eléctrica.

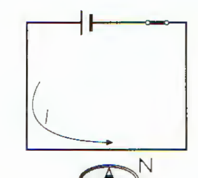
Las experiencias de Oersted

En 1819, mientras daba clases sobre electricidad, Hans Christian Oersted (1777-1851) comprobó que la aguja de una brújula se desviaba en las proximidades de un hilo conductor por el que circulaba corriente eléctrica.

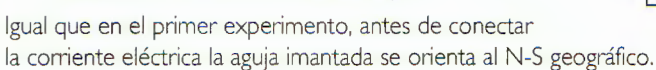
1. Antes de conectar la corriente eléctrica la aguja imantada se orienta al eje N-S geográfico.



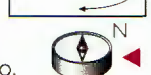
Al conectar el circuito eléctrico, la aguja tiende a orientarse perpendicularmente al hilo.



2. Cambiamos el sentido de la corriente eléctrica invirtiendo las conexiones en los bornes de la pila.



Igual que en el primer experimento, antes de conectar la corriente eléctrica la aguja imantada se orienta al N-S geográfico.

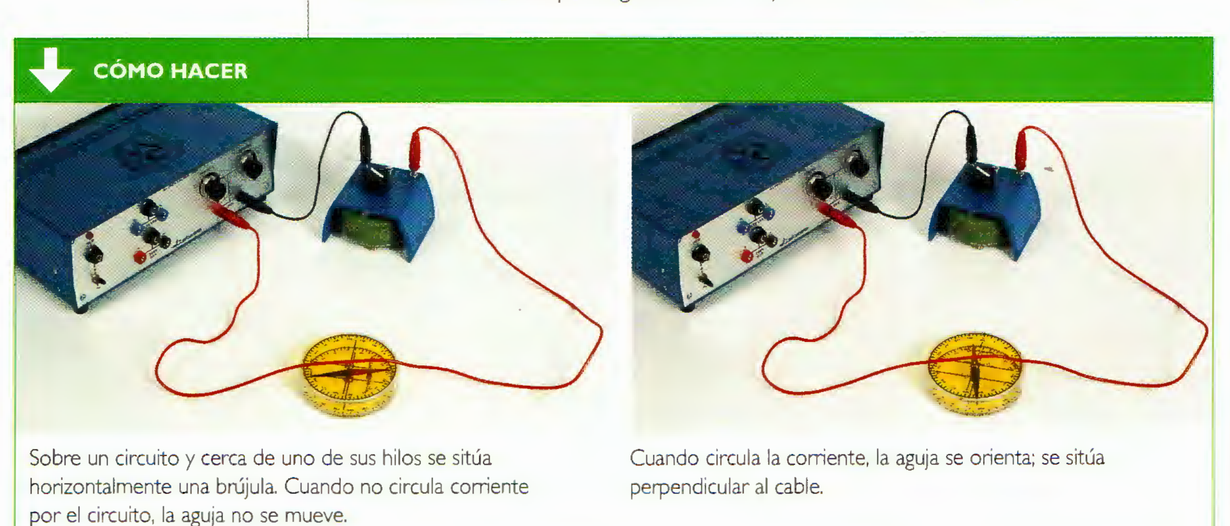


Pero al conectar ahora el circuito eléctrico, la aguja se orienta también perpendicularmente al hilo, aunque girando en dirección contraria a la efectuada anteriormente.

Las experiencias de Oersted demuestran que las cargas eléctricas en movimiento crean un campo magnético, que es el causante de la desviación de la brújula; es decir, una corriente eléctrica crea a su alrededor un campo magnético.

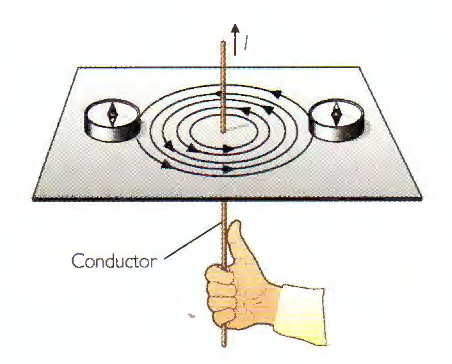
- La dirección del campo magnético depende del sentido de la corriente.
- La intensidad del campo magnético depende de la intensidad de la corriente.
- La intensidad del campo magnético disminuye con la distancia al conductor.

CÓMO HACER



Sobre un circuito y cerca de uno de sus hilos se sitúa horizontalmente una brújula. Cuando no circula corriente por el circuito, la aguja no se mueve.

Cuando circula la corriente, la aguja se orienta; se sitúa perpendicular al cable.



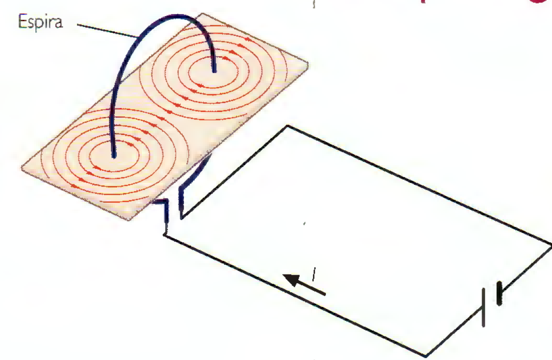
Campo magnético creado por un conductor rectilíneo

Las líneas de fuerza del campo magnético creado por un conductor rectilíneo son circunferencias concéntricas y perpendiculares al conductor eléctrico.

Para saber la dirección que llevan dichas líneas de fuerza nos ayudaremos con la regla de la mano derecha.

Para aplicar dicha regla, realizaremos el siguiente proceso. Tomamos el hilo conductor con la mano derecha colocando el dedo pulgar extendido a lo largo del hilo en el sentido de la corriente. Los otros dedos de la mano indican el sentido de las líneas de fuerza del campo magnético creado.

Campo magnético creado por una espira



Una espira es un hilo conductor en forma de línea cerrada, pudiendo ser circular, rectangular, cuadrada, etc.

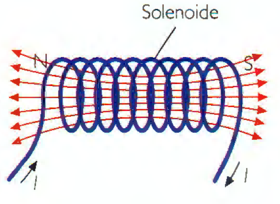
Si por la espira hacemos circular una corriente eléctrica, el campo magnético creado se hace más intenso en el interior de ella.

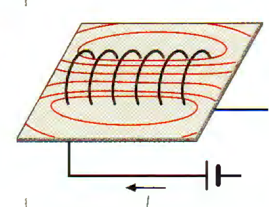
El sentido de las líneas de fuerza puede determinarse aplicando la regla de la mano derecha.

Campo magnético creado por un solenoide o bobina

Si, en lugar de disponer de una sola espira, colocamos el hilo conductor en forma enrollada, obtendremos un solenoide o bobina.

En este caso, el campo magnético creado por la corriente al pasar a través de la bobina será mucho mayor, puesto que el campo magnético final será la suma de campos creados por cada una de las espiras.





Así pues, en una bobina, el campo magnético será más intenso cuanto mayor sea la intensidad de corriente que circule por ella y el número de espiras que contenga la bobina.

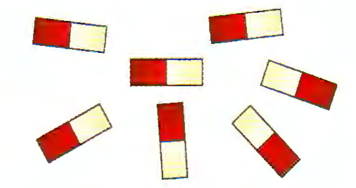
De esta forma, una bobina, por la que circule una corriente eléctrica equivaldría a un imán de barra.

El sentido de las líneas de fuerza se determina a partir de cualquiera de sus espiras.

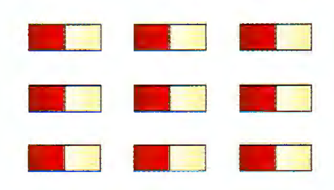
El magnetismo a nivel microscópico

El magnetismo es, pues, una propiedad de las cargas en movimiento. Podríamos decir entonces que un imán está formado por infinidad de cargas eléctricas en movimiento. A nivel microscópico, podemos pensar que los átomos que forman el imán se comportan como imanes elementales con sus respectivos polos.

- En un imán, todos sus imanes elementales están orientados de igual forma.
- En una sustancia no magnética, los imanes elementales están orientados al azar.



Imanes elementales orientados al azar. La polaridad de unos compensa la de los otros, quedando el conjunto no magnético.



Imanes orientados de igual forma. En este caso, el conjunto sí es magnético.

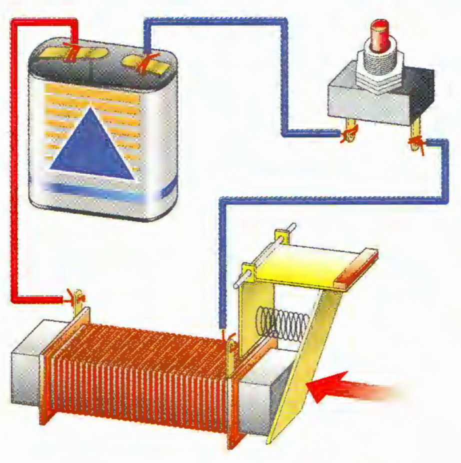
El electroimán

Para crear campos magnéticos más intensos en las bobinas, se construyen los electroimanes, que son solenoides en cuyo interior se aloja una barra de hierro dulce, es decir, un hierro libre de impurezas que tiene facilidad para imantarse temporalmente.

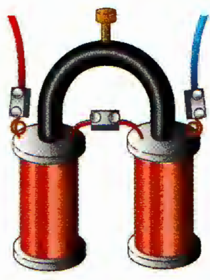
Cuando se hace circular corriente eléctrica por el solenoide, con centenares o miles de vueltas (es decir, centenares o miles de espiras), el campo magnético se refuerza extraordinariamente en su interior, y el solenoide se convierte en un poderoso imán con múltiples aplicaciones.



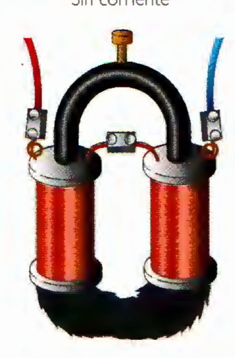
Circuito con un electroimán.



Funcionamiento de un electroimán.
Cuando se cierra el circuito, el trozo de hierro se convierte en un imán que puede atraer a otras piezas metálicas.



Sin corriente



Con corriente

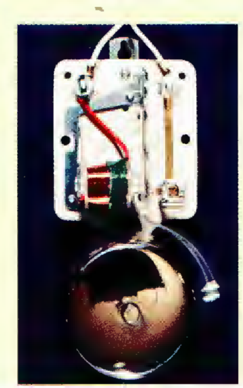
SABÍAS QUE...

El timbre eléctrico

El timbre consta de una bobina provista de un núcleo y una lámina que se puede desplazar al resultar atraída por la bobina.
El extremo de la lámina golpea una campana que es la que produce el sonido.

El circuito está interrumpido por una lámina fija, que está en contacto con la móvil.
Cuando la corriente circula, la bobina atrae a una lámina fija y el circuito se abre, con lo cual la bobina deja de atraer a una lámina móvil. Otra vez se cierra el circuito y se vuelve a repetir el proceso.

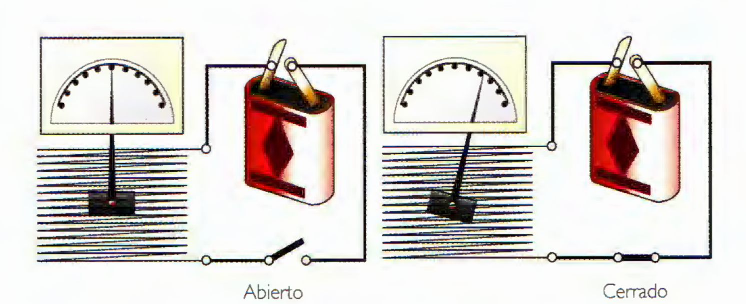
Como resultado, la lámina empieza a vibrar golpeando repetidas veces una campana y produciéndose el sonido característico.



Amperímetro

Sabemos que al aumentar la intensidad que circula por la bobina también aumenta el campo magnético creado en el interior de la bobina. Aplicando lo anterior podemos construir un amperímetro.

Un amperímetro consta de una bobina (que se conecta a un circuito eléctrico), y un imán móvil, en el interior de la bobina, unido a una aguja que se desplaza sobre una escala.



Abierto   Cerrado

Efecto eléctrico del campo magnético

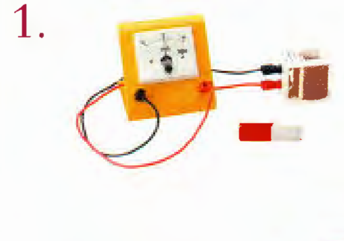
A partir de los descubrimientos de Oersted, algunos científicos de su época se plantearon si el efecto contrario podría ocurrir, es decir, si un campo magnético sería o no capaz de generar una corriente eléctrica, algo que tendría unas interesantes consecuencias prácticas.



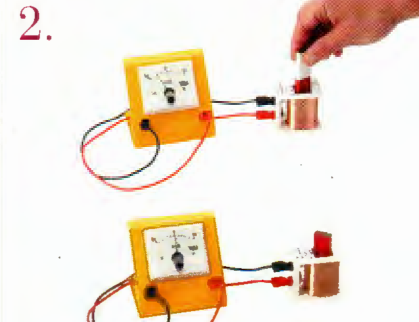
Un **galvanómetro** es un aparato de medida en el que la corriente a medir pasa por una bobina suspendida entre los polos de un imán.

Leyes de Faraday

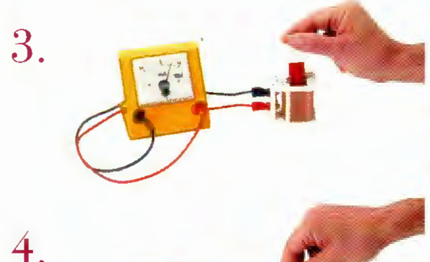
1.



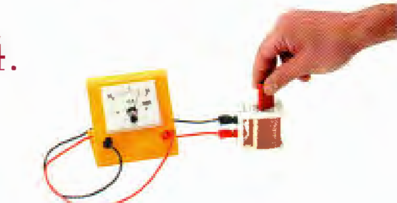
2.



3.



4.



Faraday situó un imán en las proximidades de un circuito cerrado formado por una bobina y un galvanómetro, que es un aparato que detecta y mide corrientes eléctricas.

Con el imán y la bobina en reposo, la aguja del galvanómetro no se mueve, no se detecta paso de corriente (1).

Después acercó el imán a la bobina para introducirlo dentro. La aguja del galvanómetro se desvió, indicando el paso de corriente (2a).

Aparece corriente al ir introduciendo el imán en la bobina.

Observó que si el movimiento es más rápido, la desviación de la aguja es aún mayor, y si cesa el movimiento del imán, el galvanómetro vuelve a marcar cero (2b).

Cuando el imán está en reposo, dentro o fuera de la bobina, no hay corriente y la aguja del galvanómetro permanece centrada.

Cuando el imán se aleja de la bobina, produce en el circuito una corriente de sentido contrario (3).

Si el imán se acerca por el polo sur, el efecto es el mismo que el observado en la experiencia 3.

Esto nos indica que cuando el imán se acerca con la polaridad cambiada, se invierte el sentido de la corriente (4).

A partir de sus experiencias, Faraday formuló las siguientes leyes:

1. Aparece corriente eléctrica en un circuito siempre que se produzca una variación en el campo magnético que atraviesa la superficie «definida» por el circuito.
2. La intensidad de la corriente generada depende de la rapidez con que varía el campo magnético.

La inducción electromagnética

Bobina.

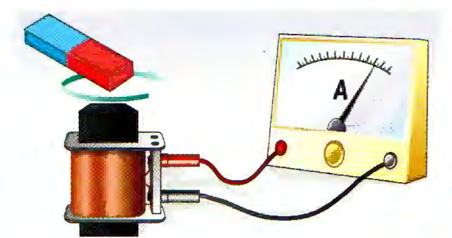
La electricidad y el magnetismo están íntimamente relacionados. La rama de la física que estudia ambos fenómenos se llama electromagnetismo.

Inducción electromagnética

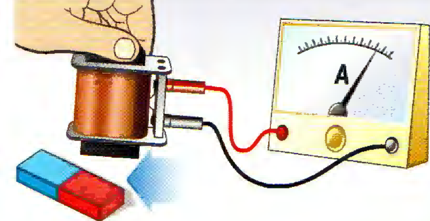
En todos los experimentos anteriores, en los que se acerca un imán a un circuito eléctrico, los efectos son los mismos si el imán permanece en reposo y es la bobina del circuito la que se mueve.

Si movemos el imán en las proximidades de la bobina, observamos cómo el amperímetro detecta una corriente eléctrica.

Si movemos la bobina conectada al circuito en las proximidades del imán, observamos cómo el amperímetro detecta una corriente eléctrica.



Movemos el imán.



Movemos la bobina.

Faraday concluyó que para que se genere una corriente eléctrica en la bobina, es necesario que exista un movimiento relativo entre la bobina y el imán.

Si se mueve la bobina hacia el imán, hay una variación en el campo magnético en el circuito, pues el campo magnético es más intenso cerca del imán; si se mueve el imán hacia la bobina, el campo magnético también varía.

A la corriente generada se le llama corriente inducida y, al fenómeno, se le denomina inducción electromagnética.

Se obtiene energía eléctrica como consecuencia del movimiento del imán con respecto a la bobina o de la bobina con respecto al imán.

La inducción electromagnética es el fundamento de los generadores de corriente eléctrica, como son la dinamo y el alternador.

? SABÍAS QUE...

Un equipo de música

Un equipo de música puede estar compuesto por un reproductor de cintas de casete, un reproductor de CD, un sintonizador... El procedimiento de lectura de la información contenida en estos soportes es electromagnético, salvo para el caso de los CD. Por ejemplo, la información que transporta una cinta de casete va en una capa de material magnético adherido a ella. Durante la grabación de la cinta se crean pequeñísimos imanes minúsculos con diferente grado de imantación y con distintas orientaciones. Durante la reproducción, la cinta magnética pasa rozando la cabeza lectora del casete que detecta los diferentes grados de magnetización de la cinta y los transforma en pequeñas corrientes inducidas, que son llevadas hasta el amplificador.

Producción de energía eléctrica

Casi toda la electricidad que utilizamos la obtenemos a partir de generadores químicos, como son las pilas y baterías, y generadores electromagnéticos basados en los fenómenos de inducción electromagnética.

Pilas y baterías

Las pilas y baterías contienen en su interior sustancias químicas que, al reaccionar, se alteran y producen electricidad. Estas sustancias terminan por consumirse, y entonces el poder de las pilas se agota.

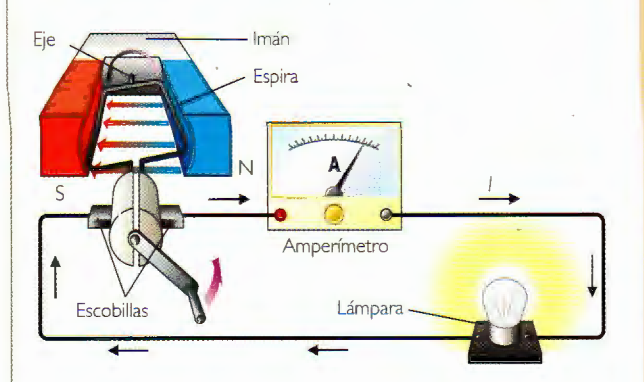
Las baterías consisten en una asociación de pilas, pero, en algunos casos (baterías de un automóvil, por ejemplo), los reactivos se pueden regenerar mediante el paso de una corriente eléctrica en sentido contrario a la que produce la pila.



Generadores electromagnéticos

Hemos visto, mediante el experimento de Faraday, que para que un campo magnético induzca una corriente eléctrica debe haber un movimiento de un imán en las proximidades de una bobina; o también puede inducirse si hacemos girar la bobina dentro del campo magnético de un imán. Esta es la base de los generadores electromagnéticos.

Para hacer girar la bobina dentro del campo magnético del imán, utilizaremos energía mecánica, hidráulica, térmica o nuclear que transformaremos en energía eléctrica.



Si la corriente eléctrica es continua, el generador es una dinamo; pero si obtenemos corriente alterna, el generador es un alternador, un generador más complicado que el primero y más utilizado en las industrias y ciudades.

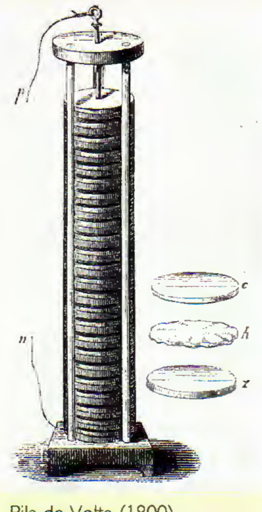
Los alternadores constan esencialmente de dos partes:

- El rotor, que es la parte que gira.
- El estátor, que es la parte que permanece fija.

? SABÍAS QUE...

La pila de Volta

Hacia 1800, el italiano Alessandro Volta (1745-1827) elaboró una pila, precursora de las pilas actuales. Su aparato, elaborado con discos apilados, fue el primero que almacenó la carga eléctrica de una forma fácilmente aprovechable.



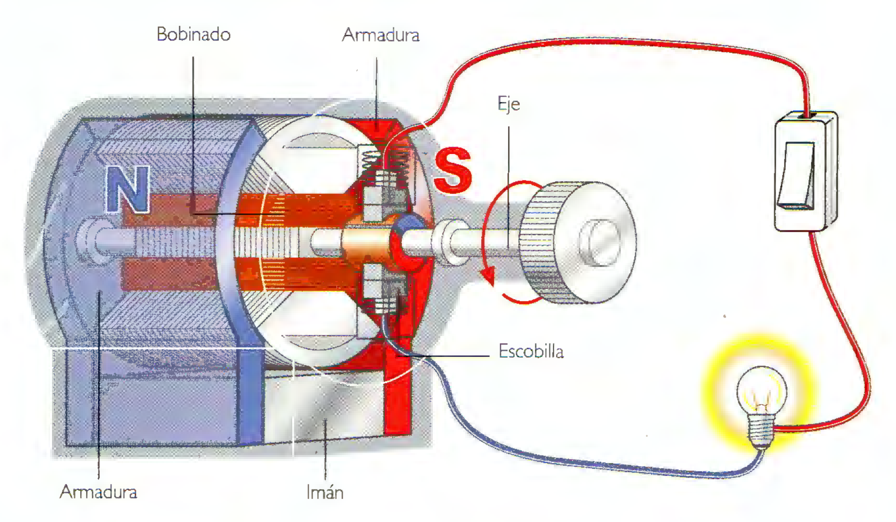
Pila de Volta (1800).

NORMAS DE SEGURIDAD

Las pilas y las baterías de coche gastadas deben depositarse en los lugares destinados a tal efecto para evitar que contaminen el medio ambiente.

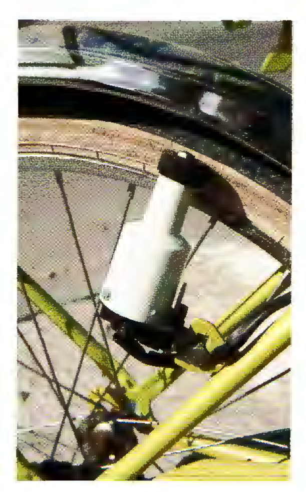
La dinamo

Una dinamo es una máquina que transforma la energía mecánica en energía eléctrica; es decir, permite obtener electricidad a partir de un movimiento. Es la máquina que proporciona la corriente eléctrica que alimenta el faro de una bicicleta.





Esquema del funcionamiento de una dinamo.
La dinamo es un generador electromagnético cuyo funcionamiento es parecido al de un motor eléctrico. Pero en este caso se suministra movimiento y la dinamo proporciona corriente eléctrica. Cuando gira la bobina bajo la influencia de los imanes, se induce en ella una corriente eléctrica.

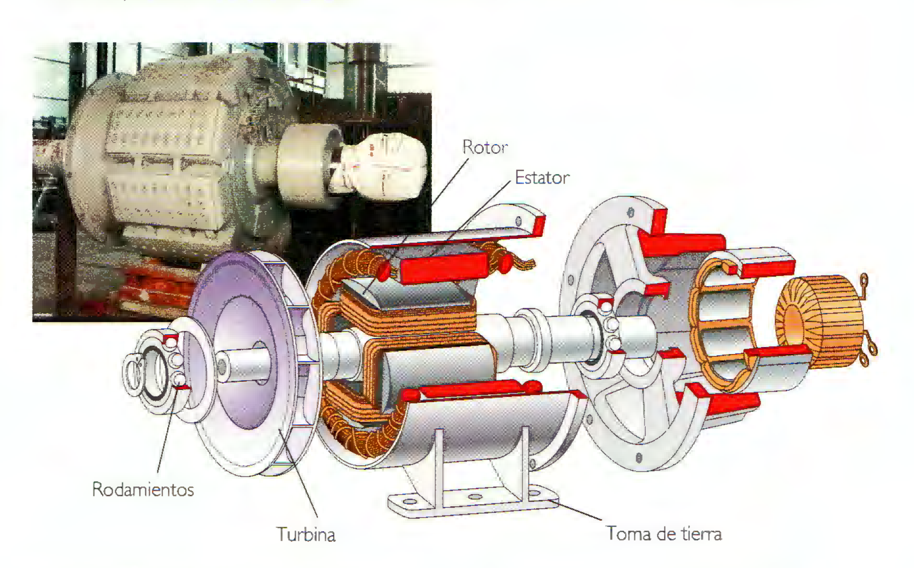


En una bicicleta, el giro de las ruedas arrastra a la bobina de la dinamo.

El alternador

Un alternador es una máquina que produce corriente eléctrica (alterna) a gran escala. Es la máquina que se utiliza en las centrales eléctricas.

En un alternador, el movimiento de una turbina hace girar una bobina conductora situada entre imanes. De esta forma se induce en los hilos conductores de la bobina una corriente eléctrica que luego se transforma, se distribuye, etc., hasta que llega a los hogares, industrias, centros de enseñanza…



Esquema del funcionamiento de un alternador, un generador de corriente eléctrica alterna.
Es el generador usado para producir electricidad a gran escala. El principio básico de producción de electricidad es el mismo en muchas centrales: mediante combustible, radiación solar, el viento…, se genera el movimiento del rotor y se produce la corriente eléctrica.

? SABÍAS QUE...

Las centrales eléctricas

Son instalaciones donde se produce la corriente eléctrica. El elemento común en todas ellas es el generador de corriente, un alternador gigante constituido por un estátor, un rotor y un colector.

Para que el rotor gire, se conecta a una turbina, que no es más que un cilindro dotado de una serie de palas o aletas que giran cuando inciden sobre ellas agua o vapor a presión. Cuando la turbina se mueve, lo hace también el alternador, porque los ejes de la turbina y el rotor están conectados.
La diferencia entre unas centrales y otras consiste únicamente en la forma de mover la turbina.

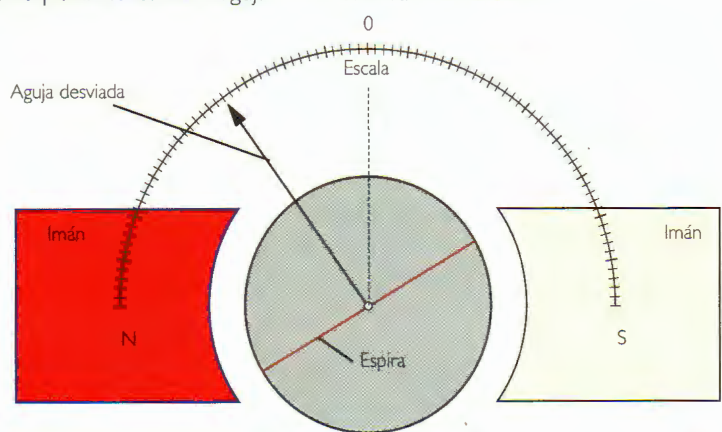
Aplicaciones del electromagnetismo

La relación entre la electricidad y el magnetismo tiene muchas aplicaciones interesantes: instrumentos de medida (galvanómetro, multímetro), transformadores, motores eléctricos…

Instrumentos de medida

El principio básico de funcionamiento de estos aparatos es muy sencillo. Están formados por una o varias espiras que llevan acoplada una aguja imantada. La espira está inmersa en el campo magnético creado por un imán.

- Cuando el circuito está abierto, no pasa corriente por el aparato y la aguja imantada señala el cero de la escala.
- Cuando hay corriente eléctrica, las cargas recorren una espira. En este caso, como la espira está inmersa en el campo magnético creado por el imán, gira, y la aguja imantada se desplaza sobre una escala. Si la corriente eléctrica es mayor, el desplazamiento de la aguja imantada será más acusado.



Vista desde arriba de un galvanómetro.

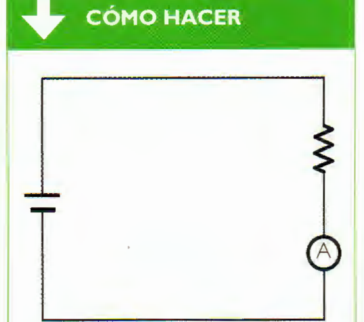
El dispositivo anterior constituye un galvanómetro. Luego, según cuál sea la magnitud que se pretende medir, se acopla una resistencia en serie (funcionamiento como voltímetro) o una resistencia en paralelo (funcionamiento como amperímetro) con el galvanómetro, de manera que la lectura indicada por la aguja imantada sea la diferencia de potencial (en este caso tenemos un voltímetro) o la intensidad de corriente (amperímetro).

También hay dispositivos, llamados multímetros, que pueden medir distintas magnitudes. En ellos existe una palanca o selector para elegir el tipo de magnitud que queremos medir: intensidad de corriente o diferencia de potencial.

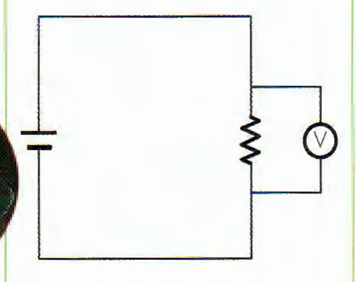


Multímetro digital.

CÓMO HACER



El amperímetro debe conectarse en serie en el circuito. Para no falsear la medida, debe tener una resistencia eléctrica interna muy pequeña. Hay que prestar atención a la colocación de estos aparatos de medida. Si colocamos un amperímetro en paralelo, puede llegar a estropearse, pues, como su resistencia es muy pequeña, la intensidad de corriente en él será más elevada.



El voltímetro debe conectarse en paralelo en el circuito. Para no falsear la medida, debe tener una resistencia eléctrica interna muy grande. De esta manera, por la rama del voltímetro la intensidad de corriente será muy reducida.

PARA SABER MÁS

Las funciones de la magnetosfera

La zona de influencia magnética de la Tierra se llama magnetosfera. La magnetosfera fue descubierta en la década de los cincuenta gracias a los satélites artificiales que comenzaron a lanzarse al espacio en esa época.

La magnetosfera es fundamental para la vida en nuestro planeta. Este campo magnético protege a la Tierra del constante bombardeo de partículas cargadas, fundamentalmente protones y electrones, procedentes del Sol. Este bombardeo de partículas, llamado viento solar, produciría graves daños a los seres vivos si no fuera desviado por la magnetosfera.

Las partículas del viento solar solo llegan a contactar con la atmósfera en los polos, donde convergen las líneas del espectro magnético de la Tierra. En estos puntos, la llegada de partículas a la atmósfera produce la aparición de luces espectaculares en el cielo: este fenómeno se llama aurora boreal si se produce en el polo norte y aurora austral si se produce en el polo sur.



Secuencia de fotografías de una aurora boreal, realizadas desde un avión en vuelo. Cuanto mayor es la actividad solar, más partículas cargadas llegan a la Tierra, y por tanto pueden formarse auroras de gran intensidad y belleza.

El magnetismo terrestre y la geología

El estudio del magnetismo terrestre ha servido para conocer mejor la historia de nuestro planeta. En efecto, cuando se analizan las rocas cuya edad es conocida, su inclinación magnética (un recuerdo del campo magnético existente en el momento de su formación) nos habla sobre las características del campo magnético a lo largo de la historia de la Tierra. Por ejemplo, nos indica cómo ha aumentado o disminuido el valor del campo magnético, o cómo se ha invertido la polaridad de dicho campo (el polo magnético norte se convierte en polo magnético sur y viceversa).

Pero, además, este estudio nos muestra también que se ha producido un desplazamiento de los polos magnéticos terrestres a lo largo de la historia.

Completando el análisis para rocas obtenidas en distintos continentes, el magnetismo terrestre nos ofrece también una manera independiente de comprobar cómo se han desplazado los continentes a lo largo de los últimos cientos de millones de años.



CÓMO HACER

Un transformador dispone de 500 espiras en primario y 50 espiras en secundario. ¿Cuál es la relación de transformación?

La relación de transformación será:

$$\frac{N_2}{N_1} = \frac{50}{500} = 0{,}1$$

Esto indica que, si se conecta el transformador a la red de 220 V, se obtiene a la salida una tensión de:

$$V_2 = 220 \cdot 0{,}1 = 22 \text{ V}$$

El transformador eléctrico

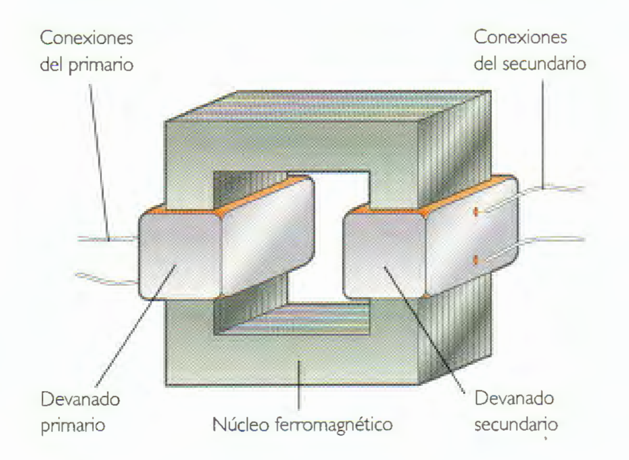
Los circuitos electrónicos suelen utilizar tensión continua, con valores comprendidos entre 3 y 25 V, para lo cual basta conectar a los mismos baterías o pilas que proporcionen dicho tipo de tensión.

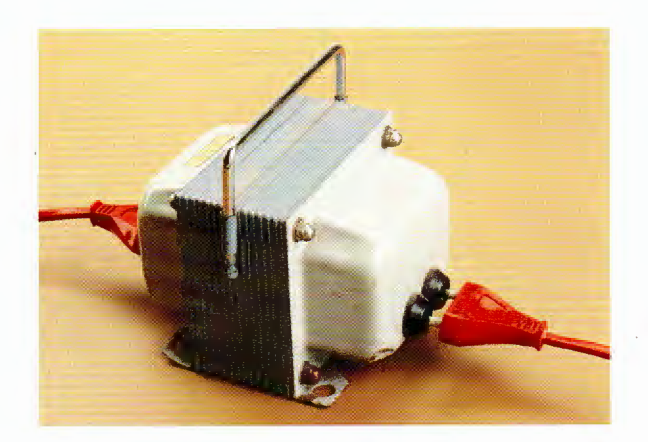
La mayoría de los aparatos electrónicos disponen a menudo de la posibilidad de ser enchufados a las tomas de corriente alterna cuyo valor eficaz es de 220 V. Esto significa que se necesita un dispositivo que reduzca este último valor a una magnitud de tensión inferior, semejante a la que nos proporcionaría una pila o batería.

El dispositivo encargado de esta conversión en los valores de la tensión es el transformador. Su funcionamiento se basa en las propiedades que presentan las bobinas.

El transformador de tensión eléctrica consta de un núcleo ferromagnético, constituido por chapas de hierro que forman un bloque compacto, en el que se enrollan dos bobinas o devanados independientes.

- Una de las bobinas es el devanado primario del transformador, que se conecta a la tensión alterna de la red eléctrica. Al pasar la corriente por el devanado formado por multitud de espiras de cable, se genera un campo magnético alrededor del núcleo de hierro.
- El devanado secundario del transformador se enrolla también en el mismo núcleo de hierro y capta el campo magnético. Dicho campo magnético es variable, pues ha sido creado por una corriente alterna, y dará lugar a la generación de corrientes inducidas en las espiras que forman el devanado secundario.





Si se aplica una tensión eléctrica V_1 al primario, que dispone de un número de vueltas o espiras N_1 y se induce una tensión V_2 en el secundario, cuyo número de espiras es de N_2, se cumple la siguiente relación:

$$\frac{V_1}{N_1} = \frac{V_2}{N_2} \rightarrow V_2 = V_1 \cdot \frac{N_2}{N_1}$$

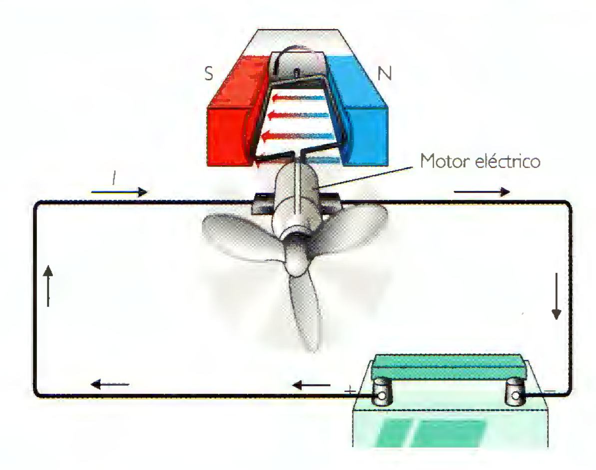
La expresión N_2/N_1 es conocida como relación de transformación.

- Si el primario dispone de un número de vueltas mayor que el secundario, la relación de transformación toma un valor menor que 1, lo que da lugar a un transformador reductor, es decir, se inducirá en el secundario una tensión menor que la que se capta en el primario.
- Por otra parte, un transformador elevador será aquel que disponga de un número de vueltas en el secundario mayor que en el primario, lo que da lugar a una relación de transformación de valor mayor que la unidad.

En general, los transformadores que usamos en casa son reductores: el voltaje de salida es menor que el de entrada (220 V).

El motor eléctrico

Si colocamos una espira rectangular por la que circula una corriente eléctrica en el interior de un campo magnético uniforme, la espira experimentará un giro. Si la espira se conecta a un eje, podremos convertir la energía eléctrica que circula por la espira en energía mecánica. Precisamente esta es la base de los motores eléctricos, aunque en lugar de emplear una espira utilizaremos una bobina, ya que así el efecto resultante será mucho mayor.



Un motor eléctrico es una máquina que produce movimiento a partir de una corriente eléctrica.

Los motores eléctricos son las piezas clave que permiten el desplazamiento de una máquina eléctrica. Por ejemplo, en un tren eléctrico, en una batidora, en un exprimidor, en un ventilador… Los ejemplos son inagotables.

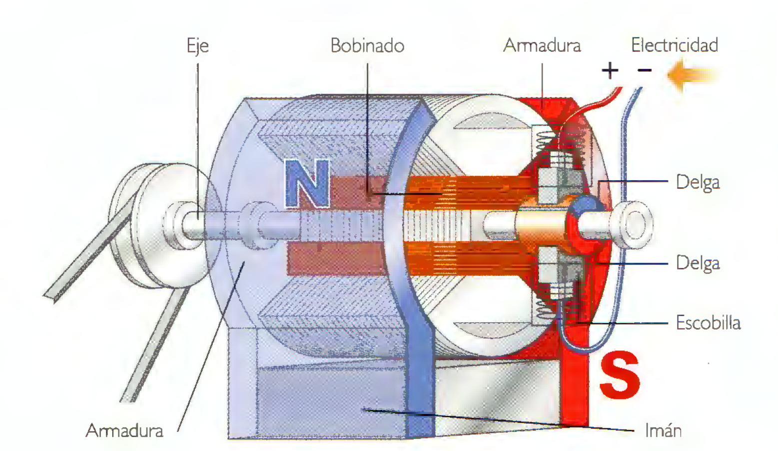
Pero también se emplean motores eléctricos en otras máquinas cuyo objetivo principal no es el movimiento. Así, en una computadora debe existir un motor eléctrico que permita el movimiento de la bandeja para extraer los discos compactos.

Aunque existen distintos tipos de motores en función de la potencia eléctrica que se necesite, un motor típico tiene los siguientes componentes:

- Una bobina (generalmente de cobre) arrollada en torno a un trozo de hierro (núcleo de hierro).
- Un imán necesario para producir el giro cuando pasa la corriente eléctrica por la bobina.
- Una armadura que soporta el imán.
- Delgas y escobillas que completan el circuito eléctrico.



Motor eléctrico en un taladrador.



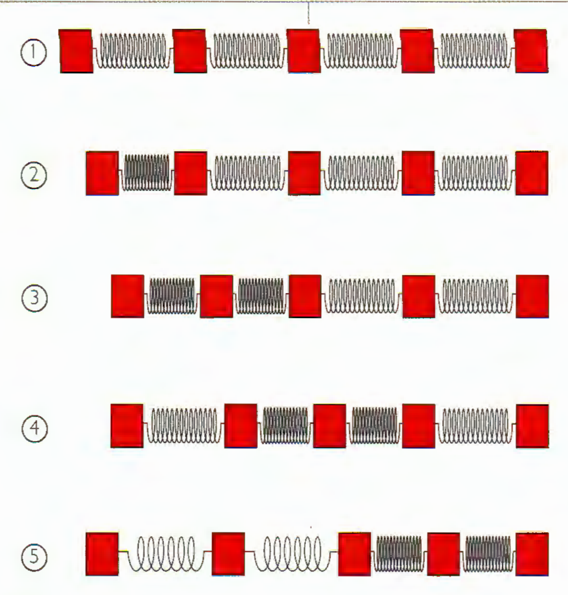
Esquema de un motor eléctrico. Cuando circula corriente por el circuito, el núcleo de hierro se convierte en un imán, que interactúa con los imanes de la armadura y produce el giro continuado del eje del motor.
En los motores de inducción, muy usados en la actualidad, existe un devanado externo (en lugar de los imanes) que, cuando circula por él la corriente, produce el movimiento de otro devanado interno adosado al eje del motor.

FÍSICA Y QUÍMICA

Bloque 08. Ondas

Movimiento **ondulatorio**

El sonido que escuchamos, la luz que nos permite ver los objetos que nos rodean, las transmisiones de radio o de televisión, la comunicación mediante teléfono móvil, las microondas de un horno..., todos estos fenómenos físicos suceden gracias a la propagación de ondas.



Sobre el sistema formado por cinco masas o partículas (rectángulos rojos) unidas entre sí por resortes (1), si presionamos sobre la primera, el resorte se comprime (2), haciéndolo los otros tres sucesivamente a continuación (3), (4) y (5). La perturbación sobre la primera partícula se transmite a las restantes.

¿Qué son las ondas?

La materia que nos rodea está formada por partículas de pequeño tamaño. En los sólidos, las partículas están más apretadas que en los líquidos o en los gases, pero en todos los casos el movimiento de una partícula puede transmitirse a las partículas vecinas. Es decir, si una partícula comienza a vibrar, puede transmitir esta vibración a la partícula que tiene al lado y hacer que esta comience a vibrar también.

Una onda es una perturbación que se propaga en el espacio y que se caracteriza por un transporte de energía, pero no de materia.

Cuando se propaga una onda, las partículas vibran alrededor de sus posiciones de equilibrio, pero no se mueven con la onda. Por ejemplo, cuando se produce una onda en un estanque, las partículas del agua no avanzan lateralmente; simplemente suben y bajan a la vez que transmiten energía a las partículas vecinas.

Clasificación de las ondas

Las ondas se pueden clasificar en función de la dirección de vibración y en función del medio en que se propagan.

Ondas longitudinales y transversales

Atendiendo a la relación que existe entre la dirección de propagación de la onda y la del movimiento vibratorio de las partículas, las ondas se clasifican en longitudinales y transversales.

Las ondas transversales son aquellas en que las partículas vibran **perpendicularmente** a la dirección de propagación.

Se representan mediante una línea ondulada formada por una sucesión de crestas y valles. Las microondas y las ondas de radio pertenecen a este tipo de ondas, al igual que las ondas sísmicas secundarias (ondas S) y las que se propagan en una cuerda o en la superficie del agua.

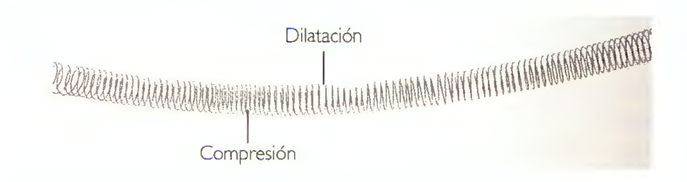


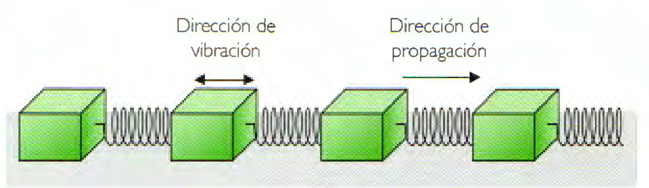
Onda transversal.

Las ondas longitudinales son aquellas en las que las partículas vibran **en la misma dirección** que la de propagación.

El movimiento de cada punto lleva la misma dirección de propagación de la onda. Este tipo de ondas se originan por compresiones y dilataciones en el medio donde se transmiten.

El sonido es el ejemplo más característico de las ondas longitudinales. Otros ejemplos son las ondas sísmicas primarias (ondas P), las primeras que detectan los sismógrafos durante un terremoto, y las ondas producidas al comprimir o estirar un resorte.





Onda longitudinal.

Ondas mecánicas y electromagnéticas

Las ondas también se pueden clasificar en función del medio por el que se propagan.

Tanto la luz como el sonido son fenómenos ondulatorios, pero mientras que el sonido necesita un medio material para propagarse (la propagación la transmiten las partículas del medio, que vibran), la luz puede propagarse en el vacío, porque en este caso no se necesita que vibren las partículas del medio.

Las ondas mecánicas son las que necesitan un medio material para su propagación.

Son ejemplos de ondas mecánicas las ondas sonoras y las generadas en la superficie del agua o en cuerdas y resortes.





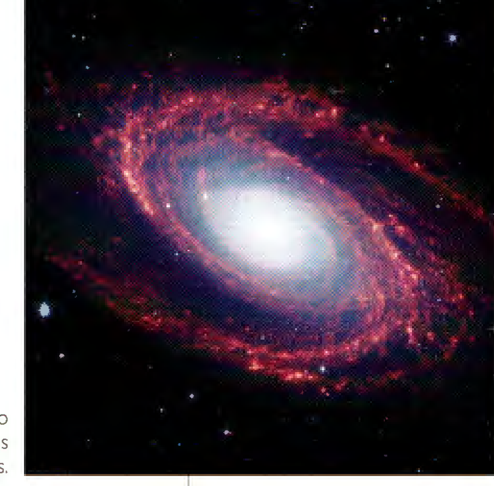


Cuando un objeto golpea la superficie del agua, se forman crestas y valles en circunferencias concéntricas que se alejan del centro.

Las ondas electromagnéticas son las que no necesitan un medio material para su propagación, por lo que se pueden propagar en el vacío.

Estas ondas pueden atravesar el espacio y llegar hasta la Tierra desde estrellas como el Sol. Pertenecen a esta clase de ondas: los rayos X, la radiación ultravioleta, la luz visible, la radiación infrarroja, las microondas y las ondas de radio y televisión (la radiación que emiten y reciben los teléfonos móviles, por ejemplo, consiste en ondas de radio).

Las ondas transversales pueden ser mecánicas (las de a cuerda) o electromagnéticas (las de la luz), mientras que las ondas longitudinales son siempre mecánicas.



Galaxia espiral M81. Las ondas electromagnéticas, como la luz, pueden propagarse en el vacío. Por eso podemos ver la luz emitida por las estrellas y las galaxias.

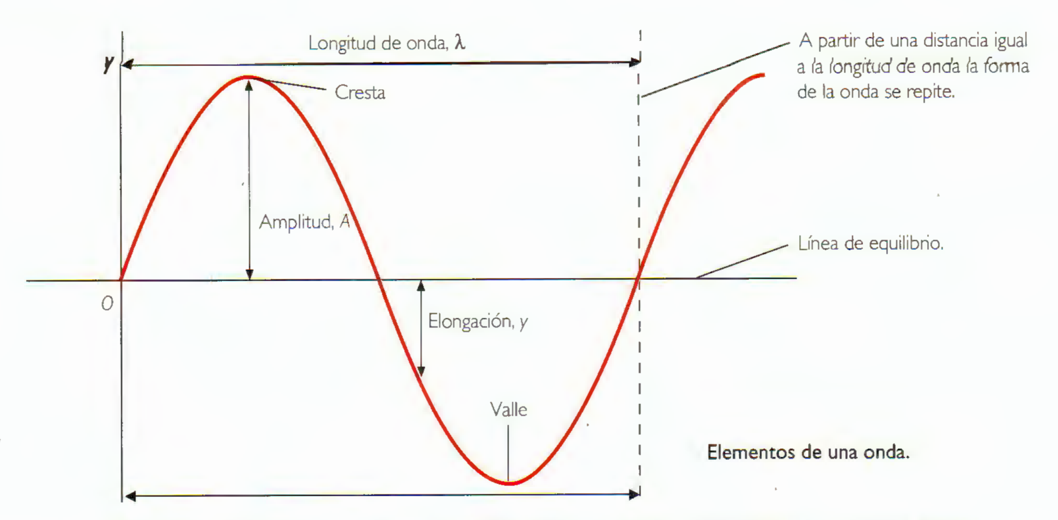
Magnitudes características de las ondas

Las magnitudes físicas que permiten diferenciar y clasificar a las ondas son: la amplitud, la longitud de onda, el período, la frecuencia y la velocidad de propagación.



Los surfistas se deslizan sobre la cresta de las olas.

Magnitudes básicas de una onda

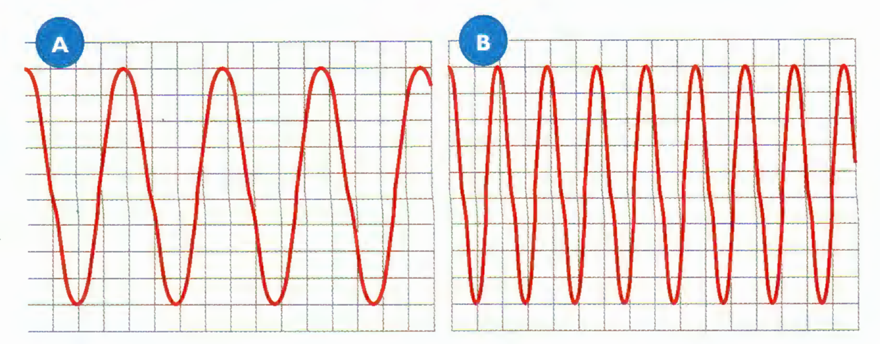


Elementos de una onda.

El tiempo que tarda la onda en recorrer una distancia igual a la longitud de onda es el período de la onda.

Longitud de onda

Se llama longitud de onda (λ) a la distancia existente entre dos puntos de la onda que se encuentran en un instante dado en el mismo estado de vibración. Dicho de otra forma, es la distancia que la onda recorre en un ciclo. Se mide en metros en el SI.

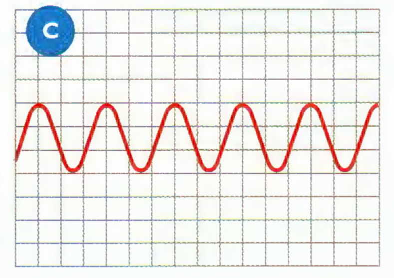


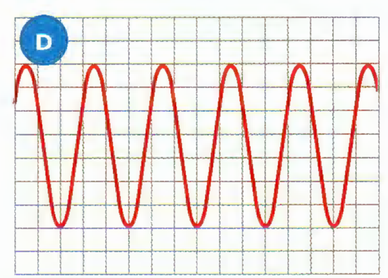
La onda A tiene mayor longitud de onda que la B.

Elongación y amplitud

A la distancia que existe en cualquier instante entre la posición de la partícula y la posición de equilibrio se la llama elongación (y). Se mide en metros en el SI.

La elongación máxima se llama amplitud (A) de la onda. Esta es una magnitud importante, pues las ondas con mayor amplitud transportan, en general, más energía.





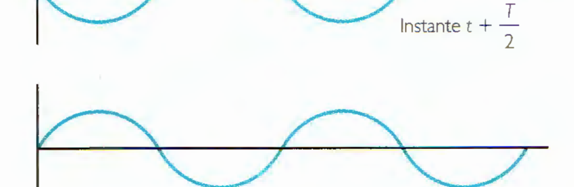
La onda D tiene mayor amplitud que la C.

Período

El período es el tiempo que tarda la vibración que se propaga en recorrer un espacio igual a la longitud de onda.

En una onda mecánica coincide con el tiempo que tarda una partícula en realizar una oscilación completa. En el Sistema Internacional el período se expresa en segundos y se simboliza por la letra T.





Frecuencia

La frecuencia es el número de vibraciones u oscilaciones completas que se realizan en un segundo.

En el Sistema Internacional, la frecuencia se mide en hercios (Hz) o en 1/s (s^{-1}). Se representa con la letra f o con la letra griega ν (nu).

La frecuencia es, por tanto, la inversa del período: $f = 1/T$. Así, si una partícula realiza cuatro vibraciones completas en un segundo, la frecuencia será de 4 Hz y el período será entonces de 1/4 de segundo.

Velocidad

Cuando un movimiento vibratorio se propaga en un medio homogéneo, lo hace con movimiento uniforme (velocidad constante) en todas direcciones. Sin embargo, la velocidad de propagación es distinta para cada medio.

La velocidad de propagación es la relación que existe entre un espacio recorrido igual a una longitud de onda y el tiempo empleado en recorrerlo.

Matemáticamente se expresa así:

$$v = \frac{\lambda}{T}$$

También se puede expresar teniendo en cuenta la relación entre el período y la frecuencia. Sustituyendo la frecuencia ($f = 1/T$) en la ecuación de arriba:

$$v = \lambda \cdot f$$

En el Sistema Internacional (SI), la velocidad de una onda se mide en m/s. Cuando la onda pasa de un medio a otro distinto, la velocidad con que se propaga se modifica, al igual que la longitud de onda. Pero la frecuencia se conserva.

Medio	Temperatura (°C)	v (m/s)
Aire	0	330
Aire	20	340
Agua	0	1.500
Plomo	20	1.230
Hierro	20	5.130
Granito	20	6.000

Relación entre la velocidad de propagación del sonido, el medio donde se transmite y la temperatura.



CÓMO HACER

A partir de la onda representada, que se propaga a 20 m/s, calcular:

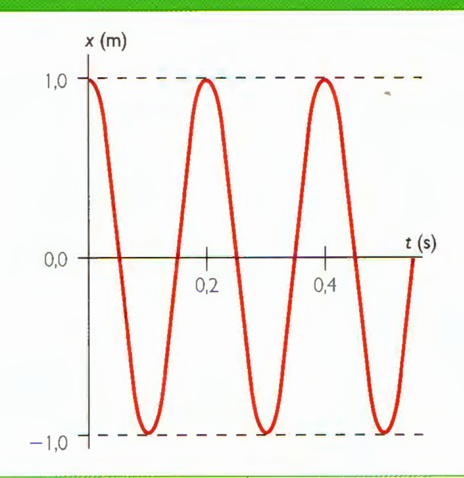
a) La amplitud.
b) El período.
c) La longitud de onda.
d) La frecuencia.

La amplitud es la distancia de la cresta a la línea media: 1 m. El período es el tiempo empleado por la onda en completar una oscilación completa: 0,2 s. La longitud de onda será:

$$\lambda = v \cdot T = 20 \text{ m/s} \cdot 0{,}2 \text{ s} = 4 \text{ m}$$

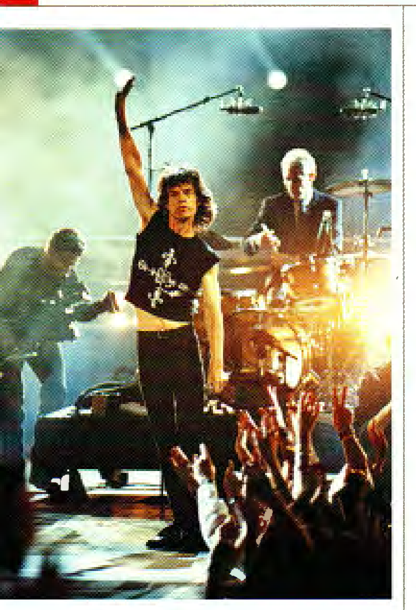
La frecuencia es la inversa del período:

$$f = \frac{1}{T} = \frac{1}{0{,}2 \text{ s}} = 5 \text{ Hz}$$



El sonido

El sonido es una de las formas de comunicación más importantes para el ser humano y para los animales. Una de las primeras habilidades que adquiere un recién nacido es reconocer a través del oído la voz de su madre.



En los conciertos de música rock el sonido alcanza niveles de intensidad elevados.

¿Qué es el sonido?

El sonido es el ejemplo más característico de las ondas longitudinales. Otros ejemplos son las ondas sísmicas primarias (ondas P), las primeras que detectan los sismógrafos durante un terremoto, y las ondas producidas al comprimir o estirar un resorte.

Ondas longitudinales
Compresión
Dilatación
Altavoz

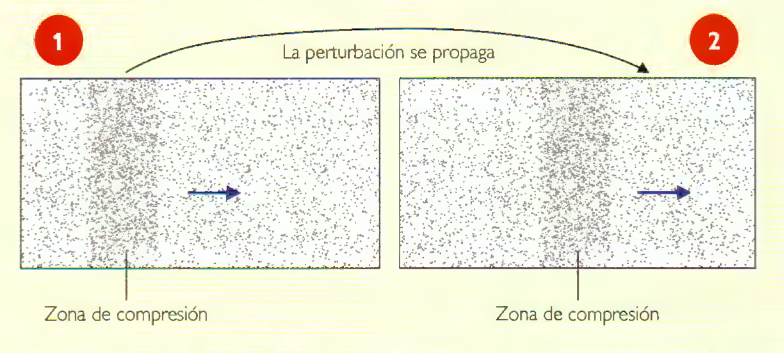
El sonido es una onda longitudinal. Se representa también por arcos de circunferencia concéntricos al lugar donde se ha originado la perturbación (altavoz en este caso).

? SABÍAS QUE...

El diapasón

Para realizar experiencias con el sonido se utiliza un instrumento llamado diapasón, que consiste en una varilla en forma de U que se puede sujetar por el mango a una caja hueca y abierta, llamada caja de resonancia.

Al golpear un diapasón, este vibra emitiendo ondas sonoras con una determinada frecuencia y emite un sonido persistente que es amplificado por la caja de resonancia. Este sonido se produce porque, al vibrar la horquilla metálica, las partículas de los gases que componen el aire experimentan una perturbación, que se transmite de unas a otras, originando así zonas con más partículas y zonas con menos, de manera que, al final, se forma un movimiento ondulatorio que nuestro tímpano es capaz de recibir. Lo que se propaga en este caso son las zonas con más y con menos partículas.



Al sujetar con la mano los brazos del diapasón, la vibración deja de transmitirse y el sonido deja de producirse.



Diapasón.

La velocidad del sonido

Para comprobar cómo se propaga el sonido, Robert Boyle, en el siglo XVII, situó un reloj de timbre en el interior de una campana de donde se había extraído el aire. Al producirse la vibración en la campana del reloj, no se percibía ningún sonido. Pero si dejaba penetrar de nuevo el aire, el sonido se volvía a escuchar.

Las primeras medidas de la velocidad del sonido en el aire se hicieron en el siglo XVII. Para ello, se efectuaba el disparo de un cañón a gran distancia y se medía el tiempo que transcurría desde que se observaba el fogonazo hasta que se escuchaba el sonido del cañonazo. Dividiendo la distancia recorrida entre el tiempo transcurrido se obtenía una velocidad próxima a 340 m/s.

La velocidad del sonido depende de dos factores fundamentales: del medio en que se transmite y de la temperatura del medio. En los sólidos se propaga con más facilidad que en los líquidos, y, en estos, mejor que en los gases: $v_{\text{sólidos}} > v_{\text{líquidos}} > v_{\text{gases}}$.



CÓMO HACER

Un avión se desplaza por el aire (15 °C) duplicando la velocidad del sonido (2 Mach). Expresar esta velocidad en km/h.

Cuando un avión vuela a una velocidad igual a la del sonido, se denomina 1 Mach, que equivale a:

$$340{,}4\ \frac{\text{m}}{\text{s}} \cdot \frac{3.600\ \text{s}}{1\ \text{h}} \cdot \frac{1\ \text{km}}{1.000\ \text{m}} = 1.225{,}4\ \text{km/h}$$

Si duplica la velocidad del sonido a 15 °C, la velocidad del avión será de:

$$2 \cdot 1.225{,}4\ \text{km/h} = 2.450{,}8\ \text{km/h}$$



LECTURA

Vehículos supersónicos

Cuando un objeto se mueve con una rapidez superior a la de una onda sonora en el aire, se dice que tiene una rapidez supersónica. El cociente entre la rapidez con que se mueve un vehículo y la rapidez del sonido en el aire se llama número de Mach. Así, un avión que vuele a 600 m/s por las capas altas de la atmósfera (zona en donde, al ser el aire menos denso, la rapidez del sonido puede ser del orden de unos 300 m/s), tendrá una rapidez de 2 Mach.

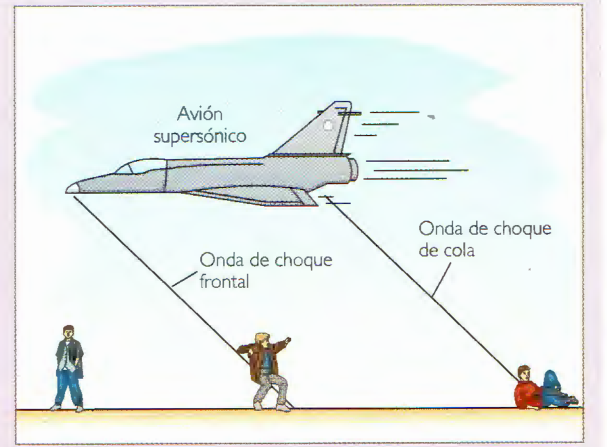
Cuando un avión vuela con rapidez supersónica, el ruido y la perturbación que ocasiona en el aire forman una onda de choque que contiene gran cantidad de energía. Cuando esta onda alcanza a un observador, este la percibe en forma de un intenso estampido que, aunque solo dura una fracción de segundo, tiene energía suficiente para romper los cristales de una ventana.

Al acercarse a la rapidez del sonido, el avión encuentra delante de él una barrera de ondas sonoras. Para superar esa barrera de sonido necesitará un empuje adicional que le permita atravesarla. A eso se le llama romper la barrera del sonido. Una vez alcanzada la rapidez supersónica, ya no existe barrera delante del avión que obstaculice su movimiento.

Siempre que un avión vuela a velocidad supersónica es seguido por una onda de choque doble, de manera que una serie de observadores situados en tierra percibirán, cada uno de ellos, un estampido doble cuando los sobrepase la onda de choque. Dichas ondas consisten en sendos conos cuyos vértices están en el avión (el de la primera onda en el extremo delantero y el de la segunda en la cola) y son análogas a las que se producen en una embarcación (estela que deja una barca cuando se mueve con una rapidez mayor que la de las ondas superficiales que se forman en el agua).



Los aviones militares suelen superar la barrera del sonido.



Ondas de choque producidas por un avión supersónico.

Manantial sonoro	Nivel en decibelios (dB)
Umbral de sensación sonora	0
Murmullo de las hojas de un árbol	10
Conversación en voz baja	20
Casa tranquila	30
Radio a volumen normal	40
Automóvil en marcha	50
Conversación normal	60
Aspiradora a 3 m	70
Tráfico denso	80
Camión	90
Perforadora a 3 m	100*
Trueno	110
Altavoz de discoteca	120
Despegue de un avión reactor	150
Coche de Fórmula 1	180

Es común emplear una escala logarítmica (medida en decibelios) para cuantificar la intensidad el sonido.
* Umbral de sensación de dolor.



Propiedades del sonido

Las cualidades más importantes del sonido son la intensidad, el tono y el timbre.

Intensidad

- Si el volumen de un aparato de música está demasiado bajo, el oído no percibe los sonidos porque están por debajo de una intensidad mínima, denominada umbral mínimo de audición.
- Si aumentamos el volumen, se puede llegar a la intensidad máxima que puede captar el oído sin sentir dolor; es el umbral superior de audición o umbral de dolor.

Ambos umbrales dependen de cada persona y de si los sonidos son agudos o graves.

La intensidad del sonido es la cualidad del sonido que permite diferenciar y clasificar los sonidos en fuertes y débiles.

La intensidad indica la energía que transmite la onda. Los sonidos más intensos transmiten más energía que los sonidos débiles. Por eso el sonido procedente de una fuerte explosión es capaz de romper los cristales de las ventanas cercanas.

En el Sistema Internacional (SI), la intensidad de una onda se expresa en julios/(s · m^2) o en vatios/m^2.

LECTURA

Contaminación acústica

Niveles elevados de intensidad sonora producen en las personas efectos físicos y psicológicos peligrosos, por lo que se habla de contaminación acústica.

Algunos sonidos pueden llegar a ser dolorosos, como, por ejemplo, los producidos por un equipo de música a volumen máximo, un avión al despegar, una moto sin tubo de escape o una perforadora. Pero el peligro de dañar el oído no depende solo de la intensidad del sonido, sino también del tiempo que una persona está expuesta a él.

La exposición prolongada a niveles de sonido de 90 dB, habituales en las discotecas o al escuchar música por auriculares, puede provocar pérdidas de audición irreparables, cambios en la presión sanguínea o alteraciones en el ritmo cardíaco. Parece que los ruidos muy intensos aumentan la secreción de adrenalina, una hormona que hace que la conducta sea más agresiva. Por si fuera poco, generan alteraciones en la reacción visual, lo que conlleva un grave riesgo para los conductores, pues un ruido brusco e intenso puede afectar a su reacción en un 25 %.

Algunos de estos problemas se pueden evitar aislando edificios con materiales absorbentes del ruido o colocando pantallas antirruido en autopistas y aeropuertos cercanos a núcleos poblados. Pero la mejor manera de evitarlo es conseguir que las personas se conciencien de que no deben producir ruidos excesivos por el bien de su salud y de la de los demás.



Las normas de aviación prohíben el vuelo a baja altura por zonas urbanas, por el tremendo estruendo que ocasionan los reactores al pasar.

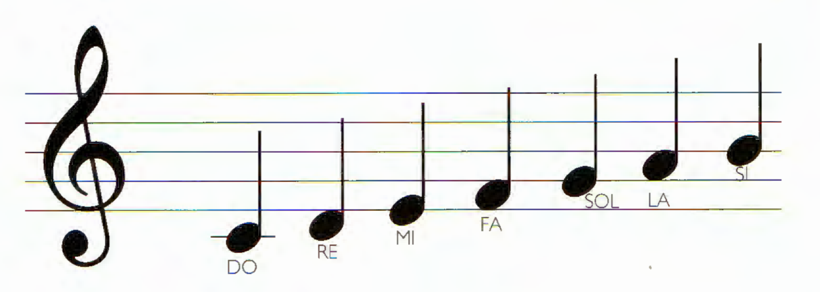


La intensidad del sonido producido por un tren en un túnel puede superar los 100 dB.

Tono y frecuencia

El tono es la cualidad del sonido que nos permite distinguir los sonidos altos (agudos) de los sonidos bajos (graves).

La frecuencia es la magnitud física asociada al tono. Las frecuencias más altas corresponden a los tonos más agudos, mientras que las frecuencias más bajas corresponden a los tonos más graves. El valor de la frecuencia se expresa en ciclos/segundo (s^{-1}) o hercios (Hz).



En los equipos de música, el tono de los sonidos se regula mediante el mando de graves y agudos o ecualizador. Realmente, mediante el ecualizador controlamos la intensidad de los sonidos graves y agudos. Si subimos la intensidad de los agudos, percibiremos un sonido más agudo.

Un sonido grave tiene una longitud de onda mayor que uno agudo.

LA ESCALA MUSICAL

En la escala musical, la frecuencia aumenta de nota en nota.

En la parte central de un piano, las frecuencias de las notas de la escala diatónica son:

- DO: 261,63 Hz
- RE: 293,66 Hz
- MI: 329,63 Hz
- FA: 349,23 Hz
- SOL: 392 Hz
- LA: 440 Hz
- SI: 493,88 Hz

? SABÍAS QUE...

Un oído normal puede llegar a percibir los sonidos comprendidos entre 20 y 20.000 Hz. Las ondas sonoras de menos de 20 Hz se denominan infrasonidos (algunos pueden ser percibidos por el tacto), y los de más de 20.000 Hz, ultrasonidos.

Los elefantes y las ballenas pueden escuchar sonidos de muy baja frecuencia, tales como los creados por las ondas sísmicas. Por esta razón, estos animales se muestran inquietos en los instantes previos a los terremotos: pueden escuchar señales de advertencia que resultan inaudibles para el ser humano.

Otros animales, como el perro y la abeja, pueden percibir ultrasonidos. O el delfín y el murciélago, que escuchan sonidos de más de 100.000 Hz, lo que les permite orientarse por medio de señales acústicas: el murciélago emite sonidos y recoge las ondas sonoras que rebotan en un obstáculo.

A partir del tiempo que tardan en llegar a sus oídos estas ondas rebotadas, el murciélago es capaz de estimar la distancia al obstáculo, por tanto, de orientarse o localizar sus presas.

Los ultrasonidos tienen aplicaciones en medicina; para aliviar los dolores originados por tendinitis o lumbalgias y para realizar exploraciones no agresivas del embarazo y detectar posibles anomalías.

La técnica de la ecografía consiste en proyectar un haz de ultrasonidos en impulsos cortos a través del cuerpo de una mujer embarazada o de un enfermo.

Como consecuencia se producen reflexiones del sonido al pasar las ondas de un tipo de tejido a otro. Cuando se reciben los impulsos reflejados, se analizan en una computadora que los transforma en una imagen del feto en la pantalla.



Los delfines son capaces de emitir y recibir ultrasonidos.

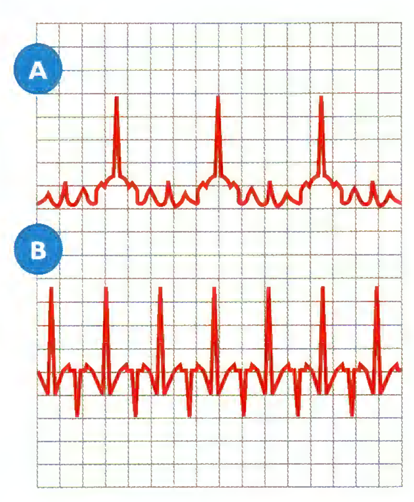


Ecografía de un feto realizada mediante ultrasonidos.

El timbre

El timbre es la cualidad que permite distinguir sonidos de igual intensidad (amplitud) y tono (frecuencia) producidos por dos fuentes sonoras diferentes.

Esta propiedad nos permite, por ejemplo, reconocer e identificar las voces de diferentes personas, aunque canten la misma canción. El timbre viene dado por los sonidos secundarios que acompañan al principal, y que dependen de cada persona o instrumento. Eso nos permite distinguir si la misma melodía es ejecutada por un violín o un piano.



Dos ondas sonoras con distinto timbre (y diferente frecuencia también). Observemos que la forma de la onda varía.

Ángulo de incidencia

Ángulo de reflexión

Reflexión del sonido: eco y reverberación

La reflexión es el fenómeno que se produce cuando las ondas sonoras llegan hasta un obstáculo que se opone a su propagación y se reflejan, cambiando de dirección o de sentido.

De la misma manera que la luz se refleja en un espejo o una pelota rebota en el suelo, el sonido se comporta igual frente a un obstáculo, cumpliéndose la siguiente ley:

El ángulo de incidencia es igual al ángulo de reflexión.



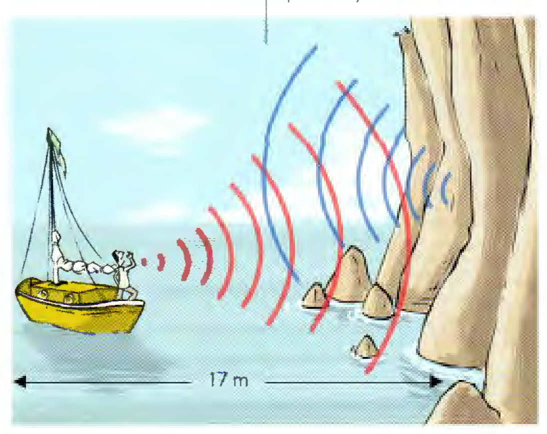
El eco

Un curioso fenómeno relacionado con la reflexión del sonido es el eco. Cuando se grita frente a una montaña, se oye primero el sonido directo, y después el sonido reflejado en el obstáculo. Esta repetición del sonido se denomina eco y se debe a la reflexión de las ondas sonoras.

El eco es el fenómeno que se produce cuando las ondas de sonido rebotan en algún obstáculo y cambian de sentido.

Nuestro oído es capaz de distinguir dos sonidos si llegan separados por 0,1 s o más. Si producimos un sonido frente a un obstáculo y el tiempo transcurrido entre la emisión de nuestro sonido y la recepción del sonido reflejado es mayor o igual a una décima de segundo, nuestro oído percibirá dos sonidos distintos (eco).

Como la velocidad del sonido en el aire es de 340 m/s (a 15 °C), recorrerá 34 m en una décima de segundo. Por tanto, para que se produzca el eco el obstáculo debe estar situado, como mínimo, a 17 m del foco emisor. De forma que el sonido recorrerá 17 m para ir y otros 17 m al volver al emisor.



Cuando la distancia al obstáculo supera los 17 m, recibimos el eco.

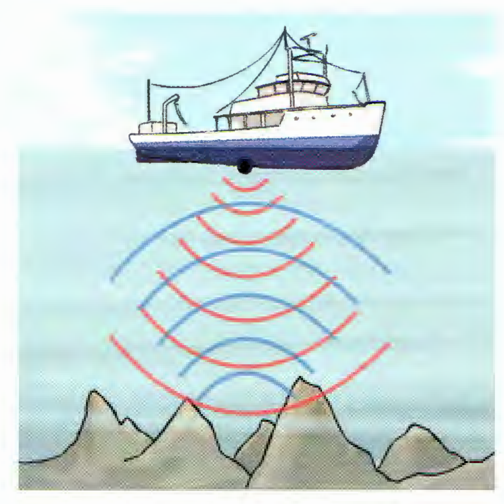


Cerca de una pared rocosa percibimos el eco de nuestra voz.

El sonar es un instrumento utilizado en la navegación marítima. Se basa en las reflexiones de sonidos de alta frecuencia (ultrasonidos) emitidos por un dispositivo capaz de detectar los sonidos reflejados y medir el tiempo que tardan en regresar.

Así, midiendo el tiempo que tarda en recibirse el eco y conociendo la velocidad de propagación del sonido en el agua, es posible determinar la profundidad de los fondos marinos, detectar bancos de peces o la presencia de submarinos.

Los delfines y otros animales poseen una especie de biosonar que les ayuda a vivir en un medio en que la visibilidad es limitada, además de utilizarlo para encontrar comida.



El sonar permite cartografiar el fondo marino o bien localizar bancos de peces.

La reverberación

En el caso de que el tiempo de separación entre el sonido emitido y el reflejado sea menor de 0,1 s, nuestro oído percibirá un solo sonido prolongado, fenómeno conocido como reverberación.

Para que se produzca la reverberación, el obstáculo debe estar a menos de 17 m; en este caso, el sonido inicial y el reflejado se solapan, y resulta difícil comprender el sonido emitido.

La reverberación se produce, por ejemplo, cuando hablamos en una sala vacía. Para disminuir la intensidad de los sonidos reflejados y mejorar la audición de una estancia, se colocan materiales absorbentes de las ondas sonoras, como cortinas, alfombras o butacas tapizadas, y se recubren las paredes de corcho.

Material	% absorción
Cortinas	50-75
Panel de madera	45
Panel de corcho	30
Pared	2



Palau de la Música de Barcelona (España). Cada compositor (e incluso cada obra) tiene un tiempo de reverberación óptimo. Este se puede variar modificando el volumen de la sala, lo que se consigue colocando paneles, por ejemplo, suspendidos del techo, variando la distribución de los asientos o con pequeños muros que favorezcan las reflexiones laterales.



CÓMO HACER

El oído humano puede oír ondas con un amplio rango de frecuencias. La frecuencia mínima audible es de unos 20 Hz, y la máxima, 20.000 Hz. ¿Cuáles son el período y la longitud de onda correspondientes a cada frecuencia?

El período es la inversa de la frecuencia. Para el caso de la frecuencia mínima:

$$T_{\text{mín}} = \frac{1}{f_{\text{mín}}} = \frac{1}{20} = 0{,}05 \text{ s}$$

Para la frecuencia máxima:

$$T_{\text{máx}} = \frac{1}{f_{\text{máx}}} = \frac{1}{20.000} = 5 \cdot 10^{-5} \text{ s}$$

El período de la onda disminuye al aumentar la frecuencia.

Sabemos que la velocidad de propagación de la onda (en el aire) es de 340 m/s. Así, para la frecuencia mínima:

$$v = \lambda_{\text{mín}} \cdot f_{\text{mín}} \rightarrow \lambda_{\text{mín}} = \frac{v}{f_{\text{mín}}} = \frac{340}{20} = 17 \text{ m}$$

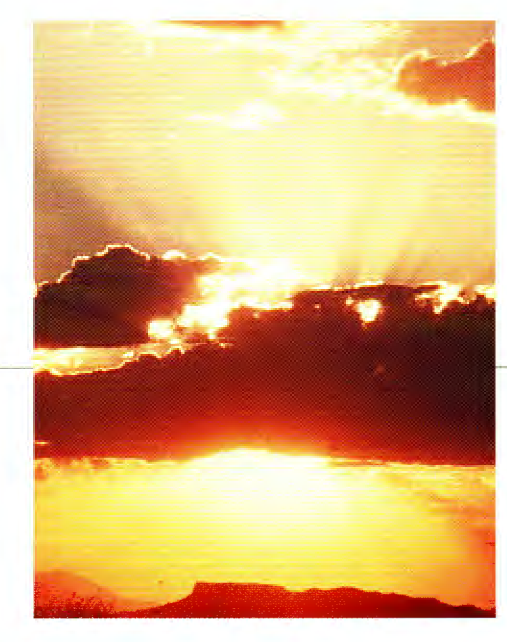
Y para el caso de la frecuencia máxima audible:

$$v = \lambda_{\text{máx}} \cdot f_{\text{máx}} \rightarrow \lambda_{\text{máx}} = \frac{v}{f_{\text{máx}}} = \frac{340}{20.000} = 0{,}017 \text{ m}$$

Por tanto, vemos que la longitud de onda disminuye cuando aumenta la frecuencia.

La luz

Al igual que el sonido, la luz se propaga mediante un movimiento ondulatorio. Pero ambas ondas tienen diferentes magnitudes características y son de distinto tipo.



NORMAS DE SEGURIDAD

Nunca enfoques el láser a los ojos, es muy peligroso.



La luz emitida por un puntero láser se propaga en un haz muy concentrado.

¿Qué es la luz

La luz es una onda de tipo transversal que se puede propagar en el vacío, donde alcanza una velocidad máxima aproximada de $3 \cdot 10^8$ m/s.

En otros medios diferentes al vacío, la velocidad de la luz es siempre menor. En el agua es de 225.000 km/s, y en el vidrio, de 200.000 km/s.

- Los medios que son atravesados por la luz y se puede ver a través de ellos se denominan transparentes (aire, agua, vidrio).
- Los medios que dejan pasar solo una parte de la luz que reciben se denominan translúcidos (papel manteca, vidrio esmerilado).
- Y los que no dejan pasar la luz son los cuerpos opacos (madera, metal, agua a más de 100 m de profundidad...).

Propagación rectilínea de la luz

La línea recta de propagación de la luz se denomina rayo luminoso. Se utilizan líneas rectas para representar las ondas luminosas y explicar la existencia de sombras, penumbras y eclipses.

Si colocamos delante de un foco luminoso extenso (luz de una linterna) un cuerpo opaco, observamos que detrás de él aparecen:

- Zonas donde no llega ningún rayo de luz (zona de sombra).
- Otras donde llegan solamente algunos rayos de luz (zona de penumbra).
- Otras donde llegan todos los rayos de luz (zona iluminada).

El espectro visible

Isaac Newton, en el siglo XVIII, descubrió que al atravesar un haz de luz blanca por un prisma óptico se divide en una banda luminosa multicolor (que va del rojo al violeta) denominada espectro visible. Un fenómeno parecido se produce cuando observamos el arco iris.

Es decir, la luz visible está formada por ondas electromagnéticas, de diferente longitud de onda y frecuencia, que son percibidas por la vista. La luz roja tiene una longitud de onda aproximada de 700 nm ($700 \cdot 10^{-9}$ m $= 7 \cdot 10^{-7}$ m), y la luz violeta, de unos 400 nm ($400 \cdot 10^{-9}$ m $= 4 \cdot 10^{-7}$ m). (Un nanómetro, 1 nm, equivale a 10^{-9} m.)

La luz emitida por un láser es monocromática; es decir, está formada por un solo color y no se descompone o dispersa al pasar por un prisma.

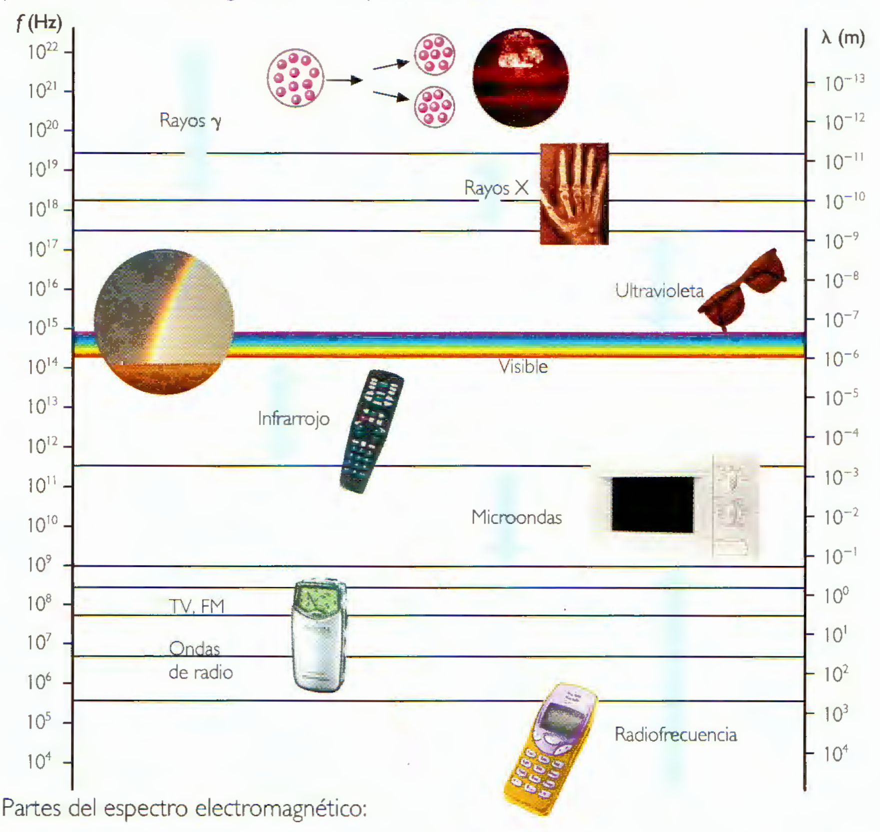
La dispersión de la luz consiste en la separación de un rayo de luz blanca en diferentes colores.



Dispersión de un haz de luz al atravesar un prisma óptico.

El espectro electromagnético

La luz es un tipo especial de onda, llamada onda o radiación electromagnética. Pero existen otras radiaciones que forman el espectro electromagnético y que se caracterizan por tener diferente longitud de onda y frecuencia.



Partes del espectro electromagnético:

- Los **rayos gamma** tienen una frecuencia muy elevada. Pueden resultar muy nocivos para el tejido humano, aunque también pueden emplearse para el tratamiento del cáncer.
- Los **rayos X**, descubiertos por el físico alemán W. Roentgen, deben su nombre a que en un principio su origen era un misterio. Tienen longitudes de onda muy cortas, son muy penetrantes, pero son absorbidos por materiales densos, como el plomo o los huesos. Se utilizan en medicina para examinar el interior del cuerpo humano. Dosis muy elevadas pueden producir cáncer.
- La radiación de longitud de onda algo más corta que la visible se denomina **ultravioleta**. Una parte de esta radiación procedente del Sol broncea la piel, pero una exposición prolongada puede originar, a largo plazo, cáncer de piel. Aunque la capa de ozono absorbe la mayoría de rayos ultravioleta que emite el Sol, es recomendable evitar las horas de mayor radiación solar y utilizar gafas de sol y cremas solares de alto factor de protección.
- De todo este espectro nuestros ojos solo perciben la banda de longitudes de onda comprendida entre 0,4 y 0,7 milésimas de milímetro, lo que llamamos el **espectro visible**. Dentro de él, la **luz roja** tiene **mayor longitud de onda**; y la **luz violeta**, **menor**.
- La radiación con longitud de onda algo mayor que la luz visible se denomina **infrarroja**. Cualquier objeto caliente emite esta radiación, que depende de la temperatura y del color del objeto. Las gafas de visión nocturna se usan para detectar la radiación infrarroja que emiten personas y animales en la oscuridad. Los controles remotos también emplean radiación infrarroja.
- Otras ondas menos energéticas son las **microondas**, muy empleadas en la industria moderna (y en muchas cocinas actuales).
- Las ondas electromagnéticas con longitud de onda más larga son las **ondas de radio y de televisión**, empleadas en telecomunicaciones (telefonía móvil), en radares, etc.

? SABÍAS QUE...



El color de un objeto depende de la luz que refleja. Si vemos un objeto rojo es porque absorbe todos los colores menos el rojo, que refleja.

Frente a la luz blanca los objetos se comportan de distinta forma:

- Los que reflejan todos los colores son de color blanco.
- Los que absorben todos los colores son de color negro.
- Los que absorben todos los colores menos uno tendrán el mismo color que la luz que reflejan.

Propagación de la luz

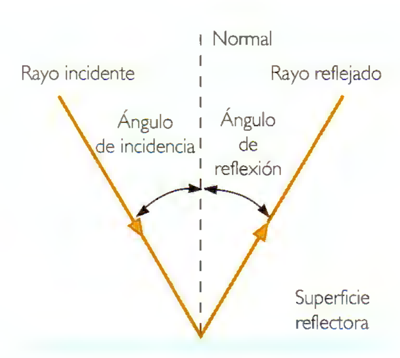
Los fenómenos más importantes que experimentan las ondas de luz en su propagación son la reflexión y la refracción.

La reflexión de la luz

La reflexión de la luz es el cambio de dirección que experimenta un rayo luminoso al incidir sobre la superficie de los cuerpos (salvo en incidencia perpendicular, en que hay un cambio de sentido, pero no de dirección).

Leyes de la reflexión

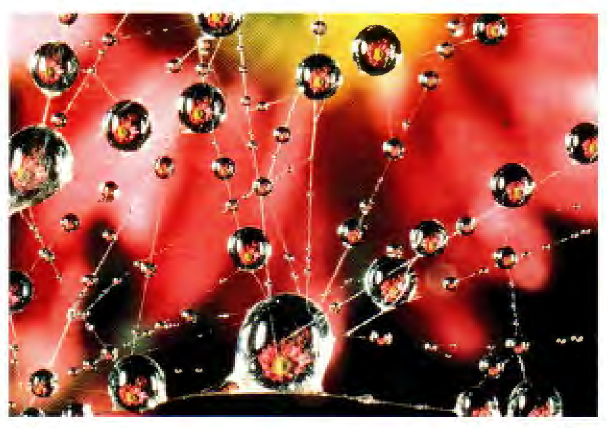
- 1.ª ley: el rayo incidente, el reflejado y la normal están en el mismo plano.
- 2.ª ley: el ángulo de incidencia y el ángulo de reflexión son iguales.



- Rayo incidente: el rayo luminoso que llega al espejo.
- Rayo reflejado: el rayo que refleja el espejo.
- Normal: la recta perpendicular al espejo en el punto de incidencia.
- Ángulo de incidencia: ángulo que forma el rayo incidente y la normal.
- Ángulo de reflexión: ángulo que forma el rayo reflejado con la normal.



Reflexión de la luz.



Refracción de la luz en gotas de agua.

La refracción de la luz

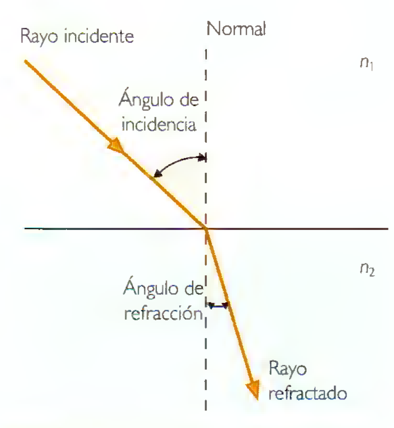
La refracción de la luz es el cambio de dirección que experimenta un rayo luminoso por cambiar de velocidad al pasar de un medio a otro (salvo en incidencia perpendicular, donde no hay cambio en la dirección de propagación, aunque sí varía la velocidad de la luz al cambiar de medio).

Ahora puedes comprender por qué la luz blanca se descompone al pasar a través de un prisma. La luz blanca está formada por una serie de radiaciones elementales de diferente frecuencia que, al pasar del aire al prisma, experimentan una variación distinta de velocidad y, consecuentemente, una desviación diferente para cada color.

El índice de refracción (n) relaciona la velocidad (v) de la luz en un medio con la velocidad de la luz en el vacío (c): $n = c/v$.

El índice de refracción, n, es siempre mayor que 1. Si conocemos n para una sustancia, podemos determinar la velocidad de la luz en ese medio:

$$v = \frac{c}{n}$$



Refracción de la luz cuando cambia de medio. En este caso, $n_2 > n_1$. Es decir, $v_2 < v_1$.

Leyes de la refracción

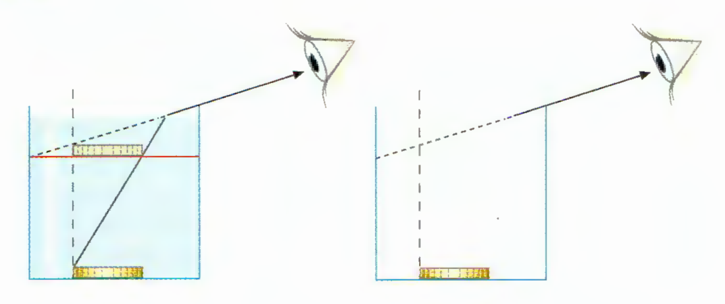
- 1.ª ley: el rayo incidente, la normal y el rayo refractado están en el mismo plano.
- 2.ª ley (ley de Snell): la relación entre el valor del ángulo incidente y el ángulo de refracción depende de los índices de refracción de los dos medios.

El comportamiento de la luz cuando pasa de un medio a otro depende de los índices de refracción de ambos medios:

- Cuando el índice de refracción del segundo medio es mayor que el índice de refracción del primer medio ($n_2 > n_1$), el rayo de luz se acerca a la normal.
- Cuando el índice de refracción del segundo medio es menor que el índice de refracción del primer medio ($n_2 < n_1$), el rayo de luz se aleja de la normal.

Los rayos de luz procedentes de los objetos sumergidos en el agua se desvían al pasar a un medio de menor densidad (aire), originando estos curiosos efectos ópticos. (Recuerda que vemos los objetos gracias a que reflejan la luz que les llega.)

Al colocar una moneda en el fondo de un recipiente opaco lleno de agua, nos parece que la moneda se encuentra más arriba porque siempre interpretamos que la luz se propaga en línea recta.





PARA SABER MÁS

La fibra óptica

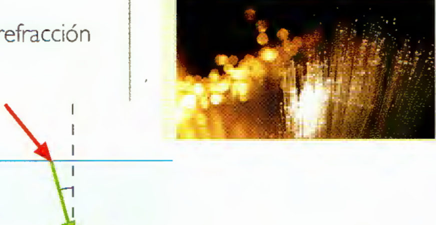
La fibra óptica está formada por hilos transparentes muy finos que transmiten la luz, aunque la fibra esté curvada, mediante una serie de reflexiones internas en las paredes del vidrio. Estos hilos están sustituyendo a los cables gruesos de cobre para transmitir información.

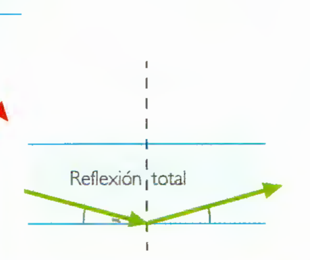
Reflexión total y fibras ópticas

Cuando un rayo luminoso pasa de un medio transparente de mayor índice de refracción a otro de menor índice, se aleja de la normal.

Llegará un momento en que a un determinado ángulo de incidencia corresponda uno de refracción de 90°, en este caso, el rayo refractado saldrá rasante con la superficie de separación de ambos medios.

Para un ángulo de incidencia mayor aún, el ángulo de refracción será mayor de 90° y, entonces, el rayo es reflejado (reflexión total) y no refractado; es decir, no pasa de un medio a otro. En las fibras ópticas se produce reflexión total.







SABÍAS QUE...

La ley de Snell

La relación entre los ángulos de incidencia y de refracción viene dada por la expresión:

$$n_1 \cdot \text{sen } \hat{i} = n_2 \cdot \text{sen } \hat{r}$$

Esta expresión se conoce como ley de Snell.

- $\hat{i}$: ángulo de incidencia.
- $\hat{r}$: ángulo de refracción.
- n_1: índice de refracción del primer medio.
- n_2: índice de refracción del segundo medio.



CÓMO HACER

El índice de refracción del diamante es 2,4. Calcular la velocidad de la luz en este medio.

Utilizando la expresión del índice de refracción:

$$n = \frac{c}{v} \rightarrow v = \frac{c}{n} = \frac{3 \cdot 10^8 \text{ m/s}}{2,4} = 1,25 \cdot 10^8 \text{ m/s}$$

La absorción de la luz

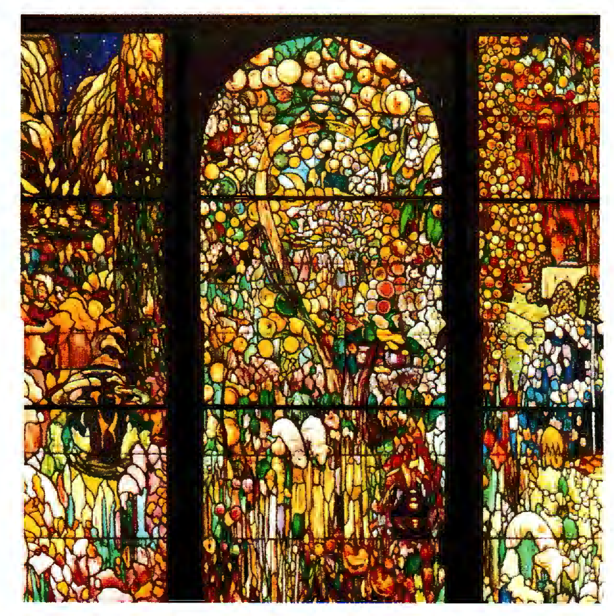
Cuando una onda atraviesa un medio, una parte de la energía que lleva es absorbida por las partículas presentes en dicho medio. Así, la onda va atenuándose a medida que se propaga.



Por esto un sonido se escucha con una intensidad menor cuanto más nos alejamos de la fuente sonora. Otros ejemplos de absorción son las ondas que se propagan por un estanque. A medida que nos separamos del punto de partida de la onda las oscilaciones son menos visibles, hasta que llegan a desaparecer, a menudo incluso antes de alcanzar el borde.

La disminución de intensidad es proporcional a:

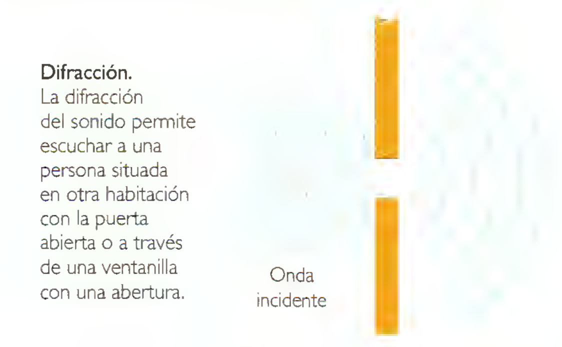
- El espesor de la sustancia.
- La intensidad de la onda incidente.
- Las características del medio, englobadas en una constante a (**coeficiente de absorción**). El coeficiente de absorción a se define como la disminución relativa de la intensidad de la onda por unidad de longitud que recorre en el medio atravesado. Se mide en m^{-1} en el SI.



Absorción. Una parte de la luz no logra atravesar las vidrieras; es absorbida por estas.

La difracción de la luz

Este fenómeno hace que una onda sea capaz de sortear obstáculos, «doblar» esquinas, etc. En efecto, cuando una onda llega a una esquina, dicha esquina actúa como si fuera un nuevo punto de partida de la onda, de manera que esta no «se corta» en este punto. Algo parecido ocurre cuando una onda atraviesa una rendija.



Difracción. La difracción del sonido permite escuchar a una persona situada en otra habitación con la puerta abierta o a través de una ventanilla con una abertura.

En el caso de la luz, también pueden darse fenómenos de difracción; pero, en este caso, las dimensiones del obstáculo o rendija tienen que ser muy pequeñas.

Si en el camino de las ondas difractadas se coloca una pantalla, se obtienen las **figuras de difracción**. Cuando la luz pasa por un orificio de forma circular y de tamaño adecuado, al proyectarse sobre una pantalla no se obtiene un círculo nítido, a no ser que la pantalla esté muy cerca; pero si está suficientemente alejada, se forman franjas de bordes difusos, alternativamente claras y oscuras.

Cuando es un obstáculo lo que encuentra la luz, la difracción se pone de manifiesto porque los bordes de la sombra proyectada por el objeto no son nítidos.



Difracción de rayos X.

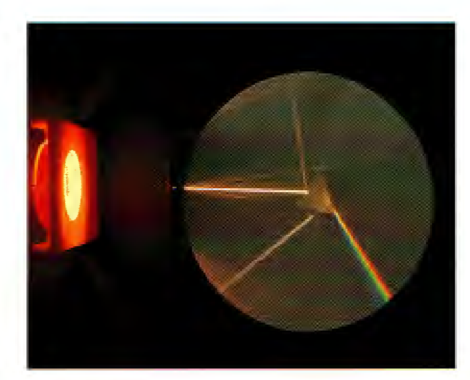
La dispersión de la luz

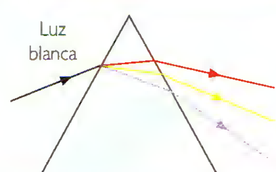
El grado con el que una onda se refracta al cambiar de medio depende de las características propias de la onda. En el caso de la luz, no se refracta igual la luz violeta que la luz roja.

Así, cuando varias ondas viajan juntas y cambian de medio, las distintas ondas que la forman pueden separarse, como ocurre cuando se forma el arco iris. La dispersión de la luz es responsable, por ejemplo, de que el cielo de día sea de color azul, o también de que al amanecer y al atardecer adquiera tonos rojizos.

El fenómeno por el cual la luz blanca se descompone en luces de distintos colores al atravesar un prisma se denomina **dispersión cromática**. La luz blanca está formada por un conjunto de radiaciones. Cada una de ellas tiene una longitud de onda, denominándose **luz monocromática**. La dispersión de la luz se produce porque su velocidad de propagación para un medio transparente, que no sea el vacío, es diferente para las distintas longitudes de onda, siendo el índice de refracción del medio tanto mayor cuanto menor es λ. Habrá, en consecuencia, **un índice de refracción para cada color**.

Cuando un rayo de luz blanca atraviesa un prisma óptico, el ángulo de desviación de cada radiación será diferente.





Dispersión. Cuando la luz blanca atraviesa un prisma, se separan los colores que la forman.

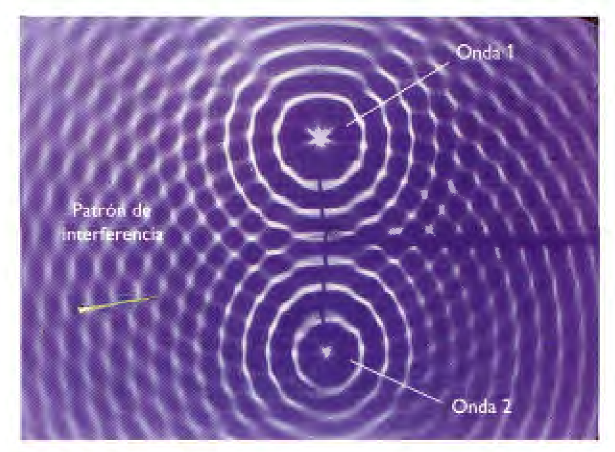


Los rayos de luz, al atravesar las gotas de agua, se dispersan separándose en los distintos colores, desde el rojo hasta el violeta, que forman el arco iris.

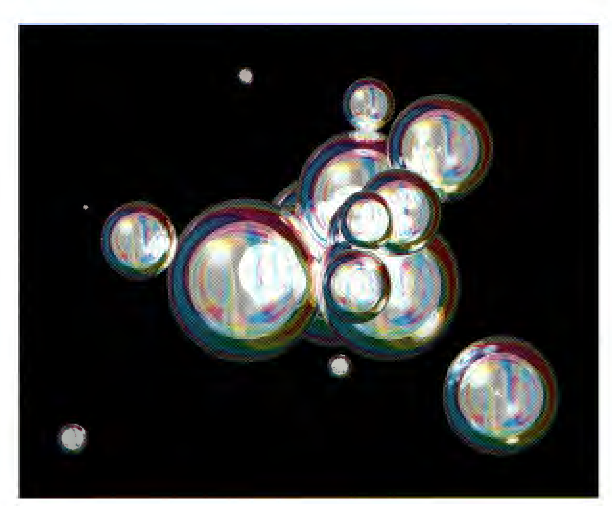
Interferencias de la luz

Las interferencias se producen cuando dos o más ondas se encuentran en una misma región del espacio. En este caso, las ondas pueden anularse (se encuentran en contraposición de fase; es decir, en estados de vibración complementarios –una cresta se encuentra con un valle–) o reforzarse (están en fase).

Las interferencias de la luz son responsables, por ejemplo, de las irisaciones que se observan en ocasiones en algunas burbujas o en manchas de aceite.



En los puntos en los que coinciden dos ondas en oposición de fase, la onda resultante se anula.



Interferencias en pompas de jabón. La luz que se refleja en la superficie interna de las burbujas interfiere con la luz de esa misma longitud de onda que se refleja en la superficie externa. Para algunas longitudes de onda (colores), las ondas se encuentran en fase (interferencia constructiva). Para otras longitudes de onda (otros colores), las ondas se encuentran en oposición de fase (interferencia destructiva).

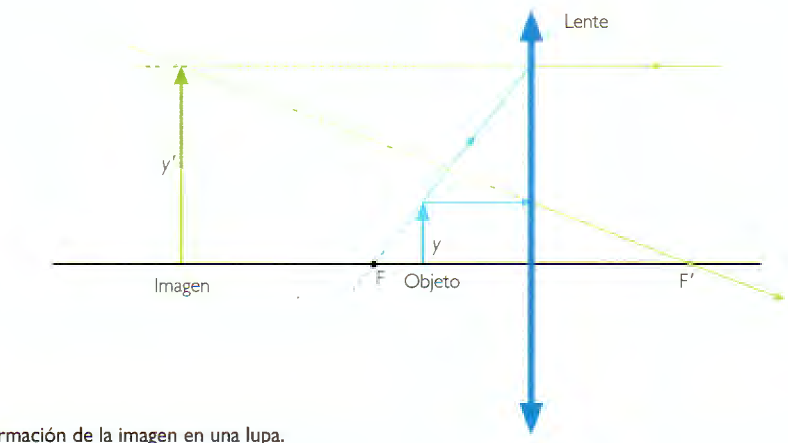
Instrumentos ópticos



Los instrumentos ópticos nos sirven de gran ayuda. Por ejemplo, la lupa o el microscopio, que nos permiten adentrarnos en el mundo microscópico, o los prismáticos y el telescopio, que nos acercan imágenes desde los confines del Universo.

La lupa

Una lupa es un instrumento muy simple, formado por una lente convergente. La imagen que nos devuelve de un objeto es mayor que el propio objeto. Con una lupa se consiguen aumentos bastante reducidos, pero es un instrumento muy útil para observar diapositivas, sellos o monedas.



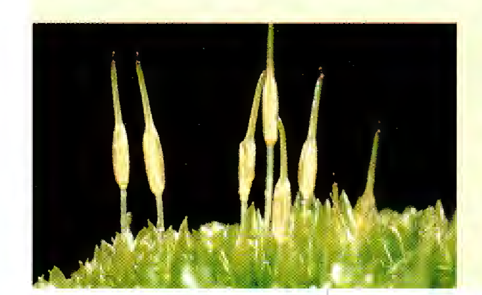
Formación de la imagen en una lupa.

PARA SABER MÁS

La lupa binocular

Una aplicación interesante de la lupa, sobre todo para los amantes de la biología, es la lupa binocular. Básicamente, es un instrumento parecido a un microscopio en el que se emplean dos oculares, con una lupa en cada uno de ellos. Se consigue así una imagen «tridimensional» más realista, pues observamos con ambos ojos.

Con una lupa binocular se consiguen entre 10 y 50 aumentos. Se emplea en el laboratorio, por ejemplo, para observar con detalle las características de rocas, minerales, plantas o algunos animales de pequeño tamaño, como los insectos.







El microscopio

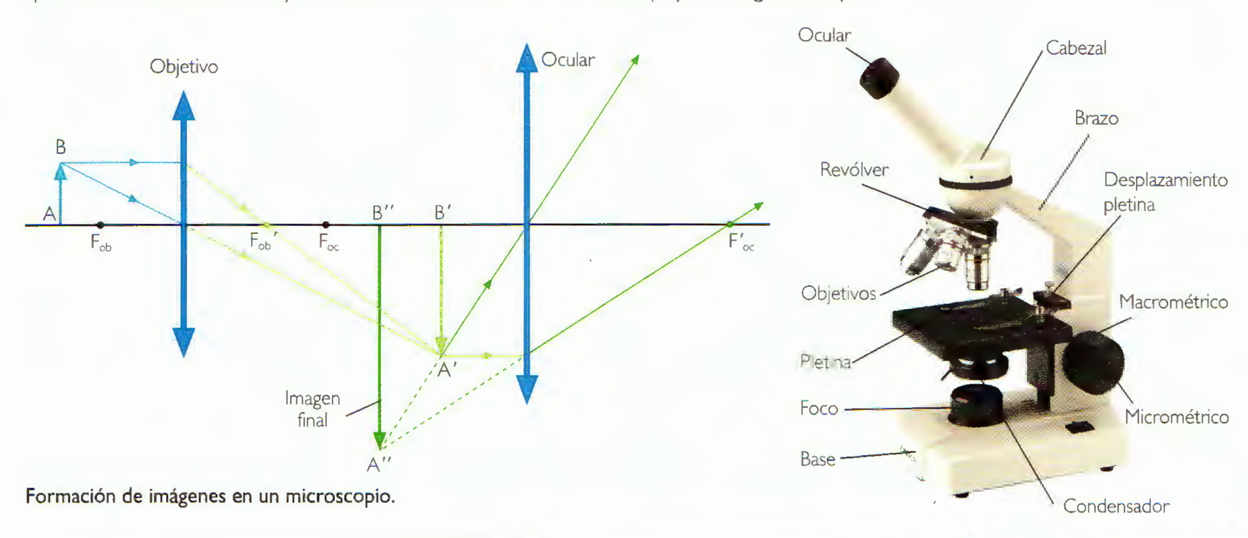
A finales del siglo XVI, los fabricantes de gafas holandeses Hans y Zacharias Jansen utilizaron un conjunto formado por dos lentes para elaborar un instrumento que permitía observar los objetos aumentados de tamaño. Había nacido el microscopio óptico. Luego, en el siglo XVII, el británico Robert Hooke empleó un microscopio para observar pequeños animales (moscas, pulgas, etc.). La utilización del microscopio en biología no había hecho más que comenzar. Con los microscopios ópticos puede alcanzarse una amplificación de unos mil aumentos (pueden observarse detalles de una décima de micra, como algunas bacterias).

El principio del microscopio óptico es el mismo que el de la lupa. Pero, en este caso, se logran mayores aumentos gracias a la utilización de dos lentes: el objetivo y el ocular. En un microscopio hay habitualmente más de un objetivo, con el fin de poder observar una misma muestra con distintos grados de ampliación.

La muestra se sitúa en un portaobjetos, una pequeña lámina de vidrio transparente, y se cubre con un cubreobjetos. Para realizar buenas observaciones, los objetos tienen que estar bien iluminados, ya sea mediante luz natural o con el apoyo de alguna lámpara.



Parénquima de una hoja de palmito. El desarrollo del microscopio ha permitido numerosos avances en medicina y biología, pues con este instrumento es fácil identificar células, observando algunas de sus partes: núcleo, pared celular, procesos de división celular, etc.



Formación de imágenes en un microscopio.



PARA SABER MÁS

El microscopio electrónico

Con un microscopio óptico no podemos conseguir más de 2.000 aumentos manteniendo la calidad de la imagen mostrada (el detalle más pequeño que puede obtenerse equivale a la longitud de onda de la luz con que se ilumina el objeto: unos 4.000 Å; es decir, 0,4 micras). Sin embargo, en la actualidad se han conseguido imágenes en las que se muestran incluso átomos individuales. ¿Cómo es esto posible? Pues utilizando un aparato diferente: el microscopio electrónico. Las imágenes logradas son en blanco y negro, aunque luego pueden colorearse artificialmente para mostrar mejor el contraste entre distintas partes de la imagen.

En un microscopio electrónico no existen lentes de cristal, sino electroimanes que dirigen un haz de electrones por una cavidad en la que se ha hecho el vacío. Los electrones inciden sobre una muestra cuya superficie se ha metalizado previamente.

Hay varios tipos de microscopios electrónicos.

- Las imágenes logradas con microscopios electrónicos de transmisión muestran hasta 1.000.000 de aumentos.
- Las imágenes obtenidas con microscopios electrónicos de barrido muestran hasta 100.000 aumentos. Producen imágenes tridimensionales ampliadas y muy realistas de la superficie de los objetos.
- Combinado ambas técnicas (microscopio de barrido y transmisión) se pueden obtener mayores aumentos aún, hasta lograr imágenes de átomos individuales.



Avispa con microscopio electrónico.



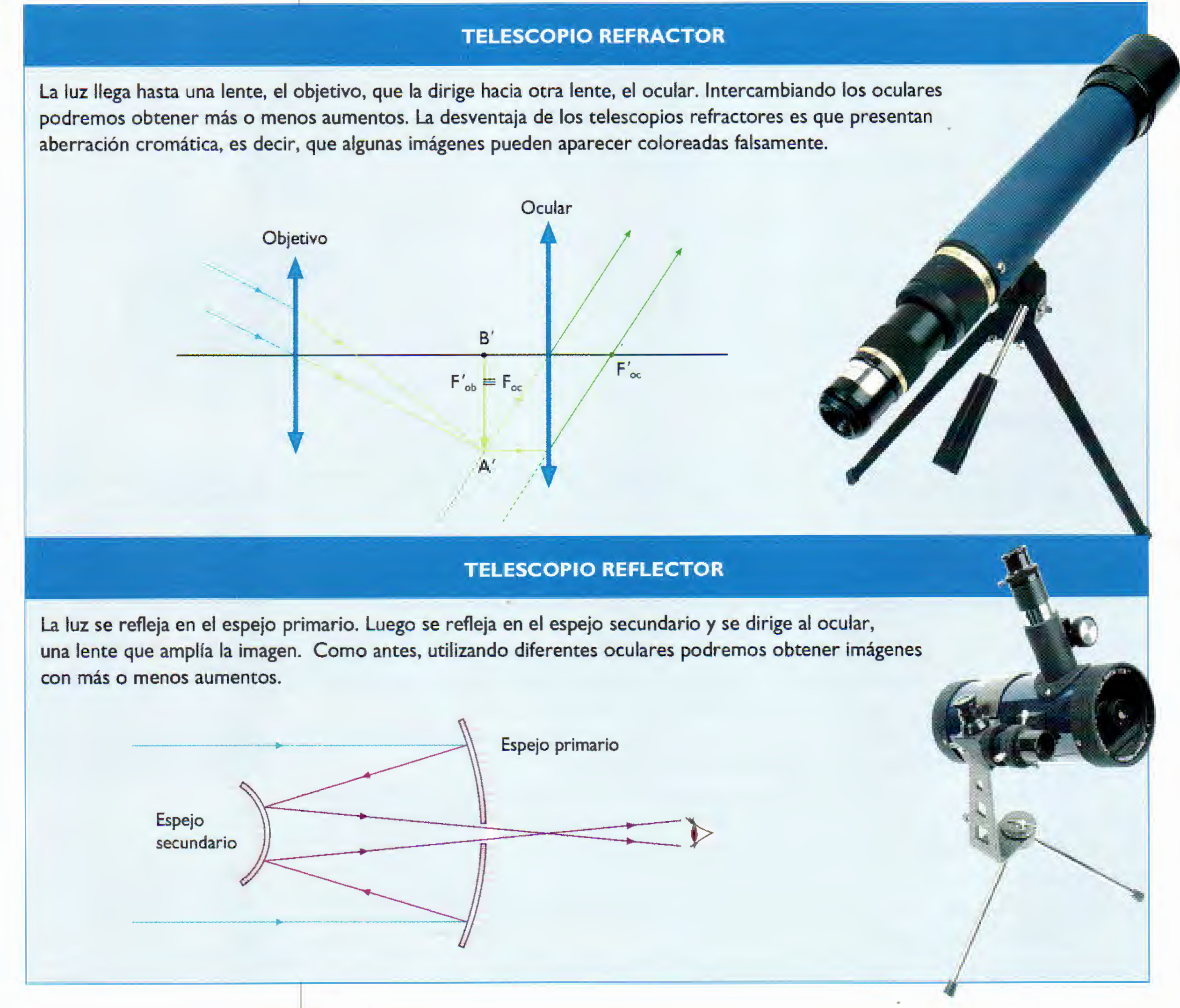
Mitocondria.

El telescopio

Observatorio del Roque de los Muchachos, en la isla canaria de La Palma (España). Los grandes telescopios se sitúan en cumbres montañosas, donde el cielo es más limpio.

El telescopio fue desarrollado por fabricantes holandeses de lentes a finales del siglo XVI. Los primeros telescopios eran refractores. Utilizaban dos lentes en los extremos de un tubo hueco. La primera persona que aprovechó el telescopio para realizar observaciones astronómicas fue Galileo Galilei. A principios del siglo XVII, con un telescopio que proporcionaba unos treinta aumentos, descubrió montañas en la Luna, comprobó que Júpiter tenía cuatro satélites girando a su alrededor, observó las manchas solares y descubrió que la Vía Láctea está formada en realidad por miles de estrellas que no pueden distinguirse a simple vista.

Los telescopios refractores, sin embargo, presentaban un defecto conocido como aberración cromática debido a que el índice de refracción de un vidrio es diferente para cada color. Para solucionar este problema, Newton construyó un telescopio reflector en la segunda mitad del siglo XVII. En él, un espejo primario con forma parabólica concentraba la luz procedente del astro en un foco en el que se situaba un segundo espejo más pequeño, que dirigía la luz hacia el ocular. Luego, los diseños de los telescopios han ido variando ligeramente para hacerlos más compactos, lograr imágenes con más detalle, etc.



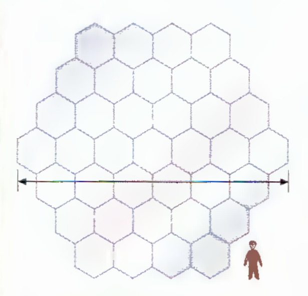
La calidad de la imagen proporcionada por un telescopio depende, sobre todo, del diámetro del objetivo. Si el objetivo es pequeño, no podremos utilizar oculares que nos proporcionen muchos aumentos, pues entonces la luz recogida por el objetivo se difumina mucho y no se observan detalles en la imagen.

Los grandes telescopios

El tamaño del telescopio es esencial para obtener buenas imágenes de los cuerpos celestes. Sin embargo, los espejos de más de cinco o seis metros se deforman, por lo que para elaborar telescopios más grandes se opta por utilizar espejos más pequeños que se acoplan para formar un instrumento más grande.

La óptica activa corrige las deformaciones del espejo para compensar las deformaciones y conseguir que la imagen aparezca bien enfocada. La óptica adaptativa, además, corrige parcialmente las perturbaciones ocasionadas por el aire de la atmósfera, lo que permite observar detalles más finos en las imágenes.

En los telescopios profesionales se acoplan otros instrumentos con el objetivo de mostrar imágenes (cámara), medir la cantidad de luz que llega (fotómetros) u obtener el espectro de un astro (espectroscopios).



Comparación entre el tamaño de una persona y el del Gran Telescopio Canarias.

Telescopios terrestres		
Telescopio	**Situación**	**Diámetro (m)**
Gran Telescopio Canarias (GTC)	La Palma (España)	10,4 (36 segmentos)
Southern Africa Large Telescope (SALT)	Cabo Norte (Sudáfrica)	10 (91 segmentos)
Keck I y Keck II	Hawai (Estados Unidos)	10 (36 segmentos)
Hobby-Eberly Telescope (HET)	Texas (Estados Unidos)	9,2 (91 segmentos)
Large Binocular Telescope (LBT)	Arizona (Estados Unidos)	8,4 (dos telescopios)
Subaru	Hawai (Estados Unidos)	8,4
Gemini Norte	Hawai (Estados Unidos)	8,2
Gemini Sur	Desierto Pachón (Chile)	8,2
Very Large Telescope (VLT)	Cerro Paranal (Chile)	8,2 (cuatro telescopios)
Multiple Mirrror Telescope (MMT)	Arizona (Estados Unidos)	6,5
Magellan	La Serena (Chile)	6,5 (dos telescopios)
Bolshoi Teleskop Azimutalnyi (BTA)	Nizhny Arkhyz, Russia	6,0
Large Zenith	Columbia británica (Canadá)	6,0 (espejo líquido, solo apunta al cenit)
Hale	Monte Palomar (Estados Unidos)	5
William Herschel Telescope (WHT)	La Palma (España)	4,2

Telescopios espaciales	
Telescopio	**Rango espectral**
Hubble: 2,4 m de diámetro	Visible
Spitzer: 0,85 m diámetro	Infrarrojo
Chandra	Rayos X

Los **radiotelescopios** son telescopios que detectan las ondas de radio del espectro electromagnético. Tienen el aspecto de una gran antena que está conectada con una sala donde se registran los datos para un análisis posterior.

El radiotelescopio más grande del mundo está en Arecibo (Puerto Rico). La antena tiene 300 m de diámetro.

FÍSICA Y QUÍMICA

Anexo

Formulación inorgánica

Del mismo modo que utilizamos las palabras para comunicarnos, en química recurrimos a las fórmulas para representar los compuestos. Estas fórmulas no son arbitrarias, sino que responden a unas reglas establecidas, reglas que han variado a lo largo del tiempo, desde la nomenclatura tradicional, pasando por la de Stock, hasta llegar a la establecida actualmente de forma universal llamada sistemática o IUPAC (Unión Internacional de Química Pura y Aplicada).

Antes de aprender a formular debemos estudiar los conceptos de valencia y número de oxidación.

Valencia

Es la capacidad que posee un elemento para combinarse con otro. El átomo de hidrógeno se toma como referencia, ya que tiene valencia 1. Así se define nuevamente la valencia como el número de átomos de hidrógeno que se puede combinar con un átomo de cualquier otro elemento.

Número de oxidación o de valencia

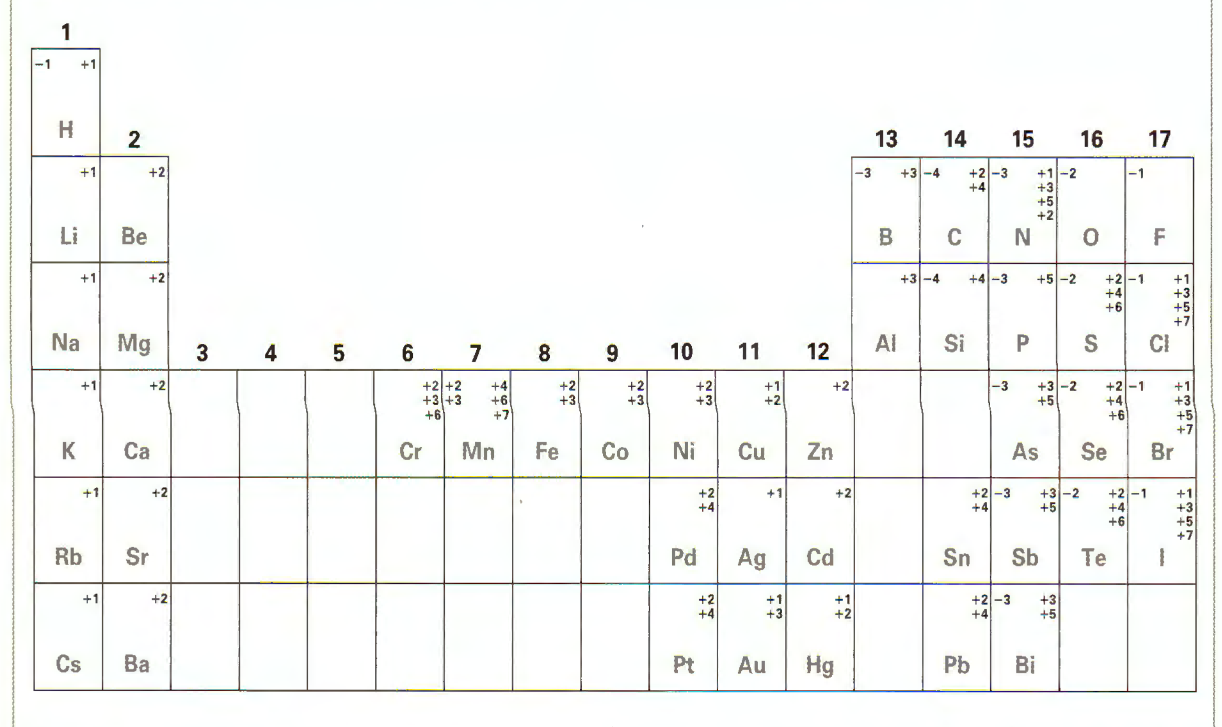
Es el número de electrones que un átomo puede captar o ceder (total o parcialmente) al formar un compuesto. Es negativo si gana electrones y positivo si los pierde.

En el siguiente sistema periódico aparecen los números de oxidación de los elementos más comunes.

Como regla general:

En cualquier fórmula química se escriben en primer lugar los elementos situados a la izquierda del sistema periódico (menos electronegativos), y en segundo lugar los situados a la derecha (más electronegativos).

Esta regla tiene una excepción con el flúor (F) (debido a su alta electronegatividad), ya que cuando se combina con el hidrógeno (H), este se escribe en segundo lugar. La electronegatividad aumenta en un período del sistema periódico de izquierda a derecha.



Los compuestos inorgánicos

En este apartado vamos a presentar una visión general de muchos de los compuestos inorgánicos que existen en la naturaleza. Son todos los que están pero no están todos los que son.

Sustancias simples

Reciben este nombre aquellas sustancias químicas constituidas por átomos de un mismo elemento.

Las sustancias simples se formulan mediante el símbolo del elemento y se nombran con el nombre del elemento. (Ejemplo: Hierro = Fe; Sodio = Na.) Hay siete sustancias simples que son diatómicas (constituidas por dos átomos del mismo elemento):

- Nitrógeno: N_2.
- Hidrógeno: H_2.
- Oxígeno: O_2.
- Flúor: F_2.
- Cloro: Cl_2.
- Bromo: Br_2.
- Yodo: I_2.

Compuestos binarios

Reciben este nombre aquellos compuestos químicos formados por la combinación de dos elementos. Podemos distinguir los siguientes grupos:

Con oxígeno

- Óxidos ácidos (anhídridos).
- Óxidos básicos.

Con hidrógeno

- Hidruros metálicos.
- Hidruros volátiles.
- Haluros de hidrógeno (ácidos hidrácidos).

Sales binarias

- Sales neutras.
- Sales volátiles.

Compuestos ternarios

Reciben este nombre aquellos compuestos químicos formados por la combinación de tres elementos. Podemos distinguir los siguientes grupos:

- Hidróxidos.
- Ácidos oxoácidos.
- Sales neutras ternarias (oxisales).

Compuestos cuaternarios

Reciben este nombre aquellos compuestos químicos formados por la combinación de cuatro elementos. Los más habituales son las sales ácidas.

Las tres nomenclaturas

Actualmente se utilizan tres nomenclaturas en química inorgánica: sistemática, de Stock y tradicional. La más antigua es la tradicional y es la más empleada en el lenguaje coloquial. La sistemática, la más moderna, ha sido propuesta por la IUPAC (Unión Internacional de Química Pura y Aplicada) para unificar toda la nomenclatura. Entre ambas está la nomenclatura de Stock. Como las tres se siguen utilizando, debes conocerlas aunque en algunos casos prescindiremos de alguna de ellas.

Nomenclatura sistemática

Utiliza un código de prefijos numerales para indicar la cantidad de átomos de cada elemento que hay en la fórmula de un determinado compuesto.

Prefijo	mono-	di-	tri-	tetra-	penta-	hexa-	hepta-
Cantidad de átomos	uno	dos	tres	cuatro	cinco	seis	siete

Nomenclatura de Stock

Indica con números romanos entre paréntesis la valencia con la que actúa alguno de los elementos que forman parte del compuesto. Si el elemento solo tiene una valencia, no es necesario indicarla.

Nomenclatura tradicional

Utiliza un código de prefijos y sufijos para identificar la valencia con la que actúa alguno de los elementos que forman parte del compuesto. Como ya sabemos, hay elementos que pueden actuar con una, dos, tres, cuatro o incluso más valencias distintas. Con esta nomenclatura podemos diferenciar elementos que tengan hasta cuatro valencias diferentes.

Prefijo	Sufijo	
hipo-	-oso	La más pequeña de tres o cuatro
	-oso	La más pequeña de dos o la del medio de tres
	-ico	La única o, si hay dos o tres, la mayor
per-	-ico	La mayor de cuatro y solo si hay cuatro

Compuestos binarios con oxígeno

Óxidos

Los óxidos son las combinaciones del oxígeno con otro elemento, metal o no metal. En estos compuestos el oxígeno siempre actúa con número de oxidación -2 .

Se formulan anteponiendo al símbolo del oxígeno el del elemento (metal o no metal) e intercambiando las valencias, que se colocan como subíndices, y simplificando siempre que sea posible.

EJEMPLOS
$Pb_2O_4 \rightarrow PbO_2$
$S_2O_6 \rightarrow SO_3$
$Ca_2O_2 \rightarrow CaO$
$Cl_2O_3 \rightarrow Cl_2O_3$

Óxidos básicos

- Se forman mediante la combinación de un metal con oxígeno.
- Primero se escribe el símbolo del metal con la valencia del oxígeno como subíndice y luego el símbolo del oxígeno con la valencia del metal como subíndice.
- El metal actúa con cualquiera de sus valencias.

Nomenclatura sistemática

Se nombra en primer lugar la palabra *óxido* precedida por el prefijo numeral que indica el número de átomos de oxígeno.

A continuación, la preposición *de* seguida del nombre del metal, también precedido por el prefijo numeral que indica el número de átomos del metal. El prefijo *mono-* delante del metal puede eliminarse cuando no cause confusión.

EJEMPLOS	
CaO	Monóxido de calcio
Au_2O	Monóxido de dioro
PtO_2	Dióxido de platino
Fe_2O_3	Trióxido de dihierro

Nomenclatura de Stock

Se nombra en primer lugar la palabra *óxido*.

Luego, la preposición *de* seguida del nombre del metal indicando entre paréntesis, con números romanos, la valencia con la que actúa. Si el metal solo tiene una valencia, no se indica.

EJEMPLOS	
CaO	Óxido de calcio
Au_2O	Óxido de oro (I)
PtO_2	Óxido de platino (IV)
Fe_2O_3	Óxido de hierro (III)

Nomenclatura tradicional

Se nombra en primer lugar la palabra *óxido*.

A continuación, el nombre del metal empezando por *hipo-* o *per-* o nada, y terminando en *-oso* o *-ico*, en función del número de valencias que tenga.

EJEMPLOS	
CaO	Óxido cálcico
Au_2O	Óxido auroso
PtO_2	Óxido platínico
Fe_2O_3	Óxido férrico

Hay algunas denominaciones un poco especiales:

- Hierro: ferroso y férrico.
- Cobre: cuproso y cúprico.
- Estaño: estannoso y estánnico.
- Oro: auroso y áurico.
- Plomo: plumboso y plúmbico.
- Plata: argéntico.

Óxidos ácidos

- Los óxidos ácidos también reciben el nombre de anhídridos.
- Se forman mediante la combinación de un no metal con oxígeno.
- Primero se escribe el símbolo del no metal con la valencia del oxígeno como subíndice y luego el del oxígeno con la valencia del no metal como subíndice.
- El no metal actúa con alguna de sus valencias positivas.
- Son la base para la formación de otros compuestos como los ácidos oxoácidos y las sales ternarias.

Nomenclatura sistemática

Se nombra en primer lugar la palabra *óxido* precedida por el prefijo numeral que indica el número de átomos de oxígeno.

Luego, la preposición *de* seguida del nombre del no metal precedido por el prefijo numeral que indica el número de átomos del no metal. El prefijo *mono-* antes del no metal puede eliminarse.

EJEMPLOS	
SeO	Monóxido de selenio
Cl_2O	Monóxido de dicloro
SO_2	Dióxido de azufre
P_2O_3	Trióxido de difósforo

Nomenclatura de Stock

Se nombra en primer lugar la palabra *óxido*.

Luego, la preposición *de* seguida del nombre del no metal, indicando entre paréntesis, con números romanos, la valencia con la que actúa. Si el no metal solo tiene una valencia, no es necesario indicarla.

EJEMPLOS	
SeO	Óxido de selenio (II)
Cl_2O	Óxido de cloro (I)
SO_2	Óxido de azufre (IV)
P_2O_3	Óxido de fósforo (III)

Nomenclatura tradicional

Se nombra en primer lugar la palabra *anhídrido*.

A continuación, el nombre del no metal empezando por *hipo-* o *per-* o nada, y terminando en *-oso* o *-ico*, en función del número de valencias que tenga.

EJEMPLOS	
SeO	Anhídrido hiposelenioso
Cl_2O	Anhídrido hipocloroso
SO_2	Anhídrido sulfuroso
P_2O_3	Anhídrido fosforoso

Compuestos binarios con el hidrógeno

Hidruros metálicos

- Se forman mediante la combinación de un metal con hidrógeno.
- Primero se escribe el símbolo del metal y luego el del hidrógeno.
- El hidrógeno actúa con número de oxidación −1.
- El metal actúa con cualquiera de sus valencias.
- Vamos a nombrarlos con las tres nomenclaturas: sistemática, de Stock y tradicional.

Nomenclatura sistemática

Se nombra en primer lugar la palabra *hidruro* precedida por el prefijo numeral que indica el número de átomos de hidrógeno.

Luego, la preposición *de* seguida del nombre del metal, el cual nunca llevará prefijo numeral, ya que su subíndice es siempre 1 (la valencia del H es 1).

EJEMPLOS	
CaH_2	Dihidruro de calcio
AuH	Monohidruro de oro
PtH_4	Tetrahidruro de platino
FeH_3	Trihidruro de hierro
FeH_2	Dihidruro de hierro

Nomenclatura de Stock

Se nombra en primer lugar la palabra *hidruro*.

A continuación, la preposición *de* seguida del nombre del metal indicando entre paréntesis, con números romanos, la valencia con la que actúa. Si el metal solo tiene una valencia, no es necesario indicarla.

EJEMPLOS	
CaH_2	Hidruro de calcio
AuH	Hidruro de oro (I)
PtH_4	Hidruro de platino (IV)
FeH_3	Hidruro de hierro (III)
FeH_2	Hidruro de hierro (II)

Nomenclatura tradicional

Se nombra en primer lugar la palabra *hidruro*.

A continuación, el nombre del metal empezando por *hipo-* o *per-* o nada, y terminando en *-oso* o *-ico*, en función del número de valencias que tenga.

EJEMPLOS	
CaH_2	Hidruro cálcico
AuH	Hidruro auroso
PtH_4	Hidruro platínico
FeH_3	Hidruro férrico
FeH_2	Hidruro ferroso

Hidruros no metálicos

Los hidruros no metálicos son las combinaciones del hidrógeno con un no metal (halógenos, grupo 17, y anfígenos, grupo 16). En estos compuestos, el hidrógeno siempre actúa con número de oxidación +1.

Podemos separarlos en dos grupos: hidruros volátiles y ácidos hidrácidos o haluros de hidrógeno.

Hidruros volátiles

- Se forman mediante la combinación del hidrógeno con alguno de estos ocho no metales: boro, carbono, silicio, nitrógeno, fósforo, arsénico, antimonio y oxígeno.
- Primero se escribe el símbolo del no metal y luego el del hidrógeno (excepto con oxígeno).
- El no metal actúa con su valencia negativa.

Nomenclatura sistemática

Se nombra en primer lugar la palabra *hidruro* precedida por el prefijo numeral que indica el número de átomos de hidrógeno.

A continuación, la preposición *de* seguida del nombre del no metal, el cual nunca llevará prefijo numeral, ya que su subíndice es siempre 1 (porque la valencia del hidrógeno es 1).

EJEMPLOS	
BH_3	Trihidruro de boro
CH_4	Tetrahidruro de carbono
SiH_4	Tetrahidruro de silicio
NH_3	Trihidruro de nitrógeno
PH_3	Trihidruro de fósforo
AsH_3	Trihidruro de arsénico
SbH_3	Trihidruro de antimonio
H_2O	Dihidruro de oxígeno

Nomenclatura tradicional

En nomenclatura tradicional se mantienen unos nombres un poco especiales que deberás aprender de memoria, puesto que no hay ninguna regla que indique cómo y por qué se nombran así.

EJEMPLOS	
BH_3	Borano
CH_4	Metano
SiH_4	Silano
NH_3	Amoniaco
PH_3	Fosfina
AsH_3	Arsina
SbH_3	Estibina
H_2O	Agua

Haluros de hidrógeno (ácidos hidrácidos)

- Se forman mediante la combinación del hidrógeno con alguno de estos siete no metales: flúor, cloro, bromo, yodo, azufre, selenio, telurio.
- Primero se escribe el símbolo del hidrógeno y luego el del no metal.
- El no metal actúa con su valencia negativa.

Nomenclatura sistemática

Se nombra en primer lugar la raíz del no metal, terminada en *-uro*, y se termina con la expresión *de hidrógeno*.

EJEMPLOS	
HF	Fluoruro de hidrógeno
H_2S	Sulfuro de hidrógeno
HCl	Cloruro de hidrógeno
H_2Se	Seleniuro de hidrógeno
HBr	Bromuro de hidrógeno
H_2Te	Teluriuro de hidrógeno
HI	Yoduro de hidrógeno

Nomenclatura tradicional

Cuando los haluros de hidrógeno se disuelven en agua, dan lugar a disoluciones ácidas, lo que originó que se les conociera como ácidos hidrácidos.

Se nombran anteponiendo la palabra *ácido* a la raíz del no metal terminada con el sufijo *-hídrico*.

EJEMPLOS	
HF	Ácido fluorhídrico
H_2S	Ácido sulfhídrico
HCl	Ácido clorhídrico
H_2Se	Ácido selenhídrico
HBr	Ácido bromhídrico
H_2Te	Ácido telurhídrico
HI	Ácido yodhídrico

Sales binarias

Las sales binarias son la combinación de no metales con metales y no metales.

Se formulan sustituyendo los hidrógenos de los hidruros no metálicos por un metal o un no metal e intercambiando las valencias.

Sales neutras

- Se forman mediante la sustitución del hidrógeno de un haluro de hidrógeno (ácido hidrácido) por un metal.
- El resto del ácido hidrácido (que será un no metal) tiene como valencia el número de hidrógenos que hemos sustituido (que coincide con la valencia negativa del no metal).
- Dado que solo hay siete ácidos hidrácidos, o haluros de hidrógeno, habrá siete tipos de sales neutras binarias, a saber:

Valencia −1	Fluoruros	Cloruros	Bromuros	Yoduros
Valencia −2	Sulfuros	Seleniuros	Teluriuros	

Nomenclatura sistemática

Se nombra en primer lugar la raíz del no metal terminada en *-uro*, precedida por el prefijo numeral correspondiente. A continuación, el nombre del metal precedido por el prefijo numeral correspondiente. El prefijo *mono-* suele eliminarse en el metal.

EJEMPLOS	
CaF_2	Difluoruro de calcio
AuCl	Monocloruro de oro
PtS_2	Disulfuro de platino
Fe_2Se_3	Triseleniuro de dihierro
FeSe	Monoseleniuro de dihierro

Nomenclatura de Stock

Se nombra en primer lugar la raíz del no metal, terminada en *-uro*, seguida del nombre del metal. Entre paréntesis, con números romanos, se señala la valencia con la que actúa el metal. Si el metal solo tiene una valencia, no es necesario especificarla.

EJEMPLOS	
CaF_2	Fluoruro de calcio
AuCl	Cloruro de oro (I)
PtS_2	Sulfuro de platino (IV)
Fe_2Se_3	Seleniuro de hierro (III)
FeSe	Seleniuro de hierro (II)

Nomenclatura tradicional

Se nombra en primer lugar la raíz del no metal, terminada en *-uro*, seguida del nombre del metal con los prefijos y sufijos correspondientes a la valencia con la que actúe.

EJEMPLOS	
CaF_2	Fluoruro cálcico
AuCl	Cloruro auroso
PtS_2	Sulfuro platínico
Fe_2Se_3	Seleniuro férrico

Sales volátiles

- Se forman mediante la combinación de dos no metales cualesquiera excepto el oxígeno.
- Debes memorizar la siguiente lista en el mismo orden:
  B, Si, C, Sb, As, P, N, Te, Se, S, I, Br, Cl, F
- Se escribe el símbolo del no metal que encuentres en primer lugar en esta lista, que actuará con cualquiera de sus valencias positivas.
- A continuación se escribe el símbolo del otro no metal, el que esté en segundo lugar en la lista, que actuará con su valencia negativa.
- Se intercambian las valencias y, si es posible, se simplifican.
- Hay algunas denominaciones especiales:

– Azufre: sulfuro. – Fósforo: fosfuro.
– Nitrógeno: nitruro. – Carbono: carburo.

Nomenclatura sistemática

Se nombra en primer lugar la raíz del no metal que encontramos en segundo lugar, terminada en *-uro*, precedida por el prefijo numeral correspondiente.

A continuación, el nombre del otro no metal, precedido por el prefijo numeral correspondiente. El prefijo *mono-* suele eliminarse en el primer no metal.

EJEMPLOS	
BrF_3	Trifluoruro de bromo
ICl	Monocloruro de yodo
B_2S_3	Trisulfuro de diboro
As_2Se_3	Triseleniuro de diarsénico

Nomenclatura de Stock

Se nombra en primer lugar la raíz del no metal que encontramos en segundo lugar, terminada en *-uro*, seguida del nombre del otro no metal (el que encontramos en primer lugar en la lista).

Entre paréntesis, con números romanos, se señala la valencia con la que actúa el primer no metal. Si este no metal solo tiene una valencia, no es necesario especificarla.

EJEMPLOS	
BrF_3	Fluoruro de bromo (III)
ICl	Cloruro de yodo (I)
B_2S_3	Sulfuro de boro
As_2Se_3	Seleniuro de arsénico (III)

Nomenclatura tradicional

Se nombra en primer lugar la raíz del no metal que encontramos en segundo lugar, terminada en *-uro*, seguida del nombre del otro no metal con los prefijos y sufijos correspondientes a la valencia con la que actúe.

EJEMPLOS	
BrF_3	Fluoruro bromoso
ICl	Cloruro hipoyodoso
B_2S_3	Sulfuro bórico
As_2Se_3	Seleniuro arsenioso

Hidróxidos

- Los hidróxidos son los compuestos que resultan de la combinación de los metales con el *ion hidróxido* (OH^-).
- Los hidróxidos también reciben el nombre de bases por el carácter básico que tienen sus disoluciones.
- Se formulan con el símbolo del metal seguido del grupo OH e intercambiando las valencias.
- Cuando la valencia del metal es distinta de 1, el grupo OH se escribe entre paréntesis.

Nomenclatura sistemática

Se nombra en primer lugar la palabra *hidróxido* precedida por el prefijo numeral que indica el número de grupos OH existentes. A continuación, la preposición *de* seguida del nombre del metal, que nunca llevará prefijo numeral, ya que su subíndice es siempre uno (porque la valencia del grupo OH es 1).

EJEMPLOS	
$Ca(OH)_2$	Dihidróxido de calcio
AuOH	Monohidróxido de oro
$Pt(OH)_4$	Tetrahidróxido de platino
$Fe(OH)_3$	Trihidróxido de hierro

Nomenclatura de Stock

Se nombra en primer lugar la palabra *hidróxido*.
A continuación, la preposición *de* seguida del nombre del metal indicando entre paréntesis, con números romanos, la valencia con la que actúa. Si el metal solo tiene una valencia no es necesario indicarla.

EJEMPLOS	
$Ca(OH)_2$	Hidróxido de calcio
AuOH	Hidróxido de oro (I)
$Pt(OH)_4$	Hidróxido de platino (IV)
$Fe(OH)_3$	Hidróxido de hierro (III)

Nomenclatura tradicional

Se nombra en primer lugar la palabra *hidróxido*.
A continuación se añade el nombre del metal, empezando por *hipo-* o *per-* o nada, y terminando en *-oso* o *-ico*, en función del número de valencias que tenga.

EJEMPLOS	
$Ca(OH)_2$	Hidróxido cálcico
AuOH	Hidróxido auroso
$Pt(OH)_4$	Hidróxido platínico
$Fe(OH)_3$	Hidróxido férrico

Ácidos oxoácidos

- Los oxoácidos son compuestos terciarios formados por H, O y X (generalmente, un no metal o metales como el Mn y el Cr). Se forman por la combinación de un óxido ácido o anhídrido con agua. (Por ello, es muy importante que conozcas perfectamente la nomenclatura de los óxidos ácidos.)
- Responden a la fórmula general: $H_aNm_bO_c$.
- El número de oxidación del hidrógeno es +1, el del oxígeno −2 y del no metal se calcula a partir del número de oxígenos multiplicado por dos menos el número de hidrógenos, todo ello dividido por el número de átomos del no metal que aparece en la fórmula.

$$\text{Número de oxidación del Nm} = \frac{2c - a}{b}$$

Nomenclatura sistemática

Se utilizan los prefijos *mono-*, *di-*, *tri-*, *tetra-*, etc., para indicar el número de átomos de oxígeno, terminados en *-oxo*, seguido de la raíz del nombre del no metal terminado en *-ato*, e indicando el número de oxidación en números romanos y entre paréntesis. Se termina con las palabras *de hidrógeno*.

EJEMPLOS	
H_2SO_3	Trioxosulfato (IV) de hidrógeno
HNO	Monoxonitrato (I) de hidrógeno
HNO_2	Dioxonitrato (III) de hidrógeno

Nomenclatura de Stock

Se utiliza la palabra *ácido* seguida de los prefijos *mono-*, *di-*, *tri-*, *tetra-*, etc., para indicar el número de átomos de oxígeno, terminados en *-oxo*, seguido de nombre del no metal con el sufijo *-ico* y el número de oxidación en números romanos y entre paréntesis.

EJEMPLOS	
H_2SO_3	Ácido trioxosulfúrico (IV)
HNO	Ácido monoxonítrico (I)
HNO_2	Ácido dioxonítrico (III)

Nomenclatura tradicional

Se nombran exactamente igual que el óxido ácido (anhídrido) del que proceden, cambiando el apelativo anhídrido por ácido.

Número oxidación del no metal	Sufijos y prefijos	Fórmula del ácido
Números impares:		
+1	Hipo .... oso	$HNmO$
+3	.... oso	$HNmO_2$
+5	.... ico	$HNmO_3$
+7	Per .... ico	$HNmO_4$
Números pares:		
+2	Hipo .... oso	H_2NmO_2
+4	.... oso	H_2NmO_3
+6	.... ico	H_2NmO_4

EJEMPLOS

Anhídrido + agua ⇒ ácido oxoácido

$Cl_2O + H_2O \Rightarrow H_2Cl_2O_2 \rightarrow HClO$ (ácido hipocloroso)
$Cl_2O_3 + H_2O \Rightarrow H_2Cl_2O_4 \rightarrow HClO_2$ (ácido cloroso)
$Cl_2O_5 + H_2O \Rightarrow H_2Cl_2O_6 \rightarrow HClO_3$ (ácido clórico)
$Cl_2O_7 + H_2O \Rightarrow H_2Cl_2O_8 \rightarrow HClO_4$ (ácido perclórico)
$SO + H_2O \Rightarrow H_2SO_2$ (ácido hiposulfuroso)
$SO_2 + H_2O \Rightarrow H_2SO_3$ (ácido sulfuroso)
$SO_3 + H_2O \Rightarrow H_2SO_4$ (ácido sulfúrico)
$N_2O + H_2O \Rightarrow H_2N_2O_2 \rightarrow HNO$ (ácido hiponitroso)
$N_2O_3 + H_2O \Rightarrow H_2N_2O_4 \rightarrow HNO_2$ (ácido nitroso)
$N_2O_5 + H_2O \Rightarrow H_2N_2O_6 \rightarrow HNO_3$ (ácido nítrico)
$CO + H_2O \Rightarrow H_2CO_2$ (ácido carbonoso)
$CO_2 + H_2O \Rightarrow H_2CO_3$ (ácido carbónico)

Si partimos de la fórmula del ácido, para deducir el nombre sugerimos seguir la siguiente pauta:

1.° Si la fórmula del ácido contiene dos hidrógenos, se le quita directamente una molécula de agua y el resto es el anhídrido del que proviene. Conociendo el anhídrido, ya tenemos el ácido.

$H_2SO_3 - H_2O \Rightarrow SO_2 \rightarrow$ anhídrido sulfuroso, por tanto, es el ácido sulfuroso.

2.° Si la fórmula del ácido contiene solo un hidrógeno, en primer lugar se multiplica por dos toda la fórmula (ya que estaba simplificada).

$HClO_3 \Rightarrow H_2Cl_2O_6$

Al resultado se le quita una molécula de agua y el resto es el anhídrido del que proviene.

$H_2Cl_2O_6 - H_2O \Rightarrow Cl_2O_5 \rightarrow$ anhídrido clórico; por tanto, es el ácido clórico.

Hay siete ácidos oxoácidos que, por su importancia, no debes olvidar:

Nombre	Fórmula
Ácido sulfúrico	H_2SO_4
Ácido nítrico	HNO_3
Ácido carbónico	H_2CO_3
Ácido crómico	H_2CrO_4
Ácido dicrómico	$H_2Cr_2O_7$
Ácido fosfórico	H_3PO_4
Ácido permangánico	$HMnO_4$

Sales ternarias u oxisales

- Las sales neutras ternarias u oxisales están formadas por metal, no metal y oxígeno.
- Responden a la fórmula general $M_x(Nm_yO_z)_w$, donde Nm representa al no metal (o algún metal como manganeso o cromo) y M representa al metal.
- Se forman por la sustitución del hidrógeno de un ácido oxoácido por un metal. (Por ello, es muy importante que conozcas perfectamente la nomenclatura de los ácidos oxoácidos.)
- El metal involucrado actúa con alguna de sus valencias.
- El resto del ácido, que irá entre paréntesis excepto si la valencia del metal es uno, tiene como valencia el número de hidrógenos que hemos sustituido.

Nomenclatura tradicional

En esta nomenclatura se nombran sustituyendo, del nombre del no metal (Nm), los sufijos *-oso* e *-ico* por *-ito* y *-ato*.

- Si el ácido acaba en *-oso*, la sal acabará en *-ito*.
- Si el ácido acaba en *-ico*, la sal acabará en *-ato*.

Número oxidación del no metal	Sufijos y prefijos en ácidos	Sufijos y prefijos en sales	Anión procedente del ácido
Números impares:			
+1	Hipo ..... oso	Hipo .... ito	NmO^-
+3	.... oso	.... ito	NmO_2^-
+5	.... ico	.... ato	NmO_3^-
+7	Per .... ico	Per .... ato	NmO_4^-
Números pares:			
+2	Hipo ..... oso	Hipo .... ito	$(NmO_2)^{2-}$
+4	.... oso	.... ito	$(NmO_3)^{2-}$
+6	.... ico	.... ato	$(NmO_4)^{2-}$

- Para el metal, la terminación será la que ya hemos visto en función de la valencia con la que actúe, *-oso* (la más pequeña) o *-ico* (la mayor).

EJEMPLOS

Ácido oxoácido	−	hidrógeno	+	metal	⇒ oxisal
HNO_3	−	H	+	Na	$\Rightarrow NaNO_3$

Como esta sal proviene del ácido nítrico (que pierde un hidrógeno, por lo que el resto actúa con valencia 1) y el metal solo tiene una valencia, será el nitrato sódico.

Ácido oxoácido	−	hidrógeno	+	metal	⇒	oxisal
$HClO_4$	−	H	+	Ca	⇒	$Ca(ClO_4)_2$

Como esta sal proviene del ácido perclórico (que pierde un hidrógeno, por lo que el resto actúa con valencia 1) y el metal solo tiene una valencia, será el perclorato cálcico.

Ácido oxoácido	−	hidrógeno	+	metal	⇒ oxisal
H_2SO_4	−	2 H	+	Fe	$\Rightarrow FeSO_4$

Como esta sal proviene del ácido sulfúrico (que pierde dos hidrógenos, por lo que el resto actúa con valencia 2) y el metal, que tiene dos valencias, actúa con la más pequeña, será el sulfato ferroso.

EJEMPLOS	
$ZnSO_3$	Sulfito de cinc
$Pb(NO_2)_4$	Nitrito plúmbico
$Cu(NO_2)_2$	Nitrito cúprico
$CaCO_3$	Carbonato de calcio
$AgClO$	Hipoclorito de plata

Si partimos de la fórmula de la sal, para deducir su nombre te sugerimos que sigas la siguiente pauta:

1.° Comprueba que el subíndice del resto coincide con alguna de las valencias del metal.

2.° Si se cumple el primer punto, fíjate en el subíndice del metal (valencia del resto proveniente del ácido oxoácido) que coincide con el número de hidrógenos que tenía el ácido.

Na_2SO_3 → El subíndice del resto es uno, que es la valencia del sodio. Como el subíndice del metal es dos, el ácido tenía dos hidrógenos.

H_2SO_3 → Por tanto, esta sal, que proviene del ácido sulfuroso, será el sulfito sódico.

3.° Si no se cumple el primer punto, ha habido simplificación. Lo primero que tienes que hacer es multiplicar toda la sal por un número entero hasta que obtengas un subíndice en el resto que coincida con alguna de las valencias del metal.

$CaCO_3$ → El subíndice del resto es uno, que no es la valencia del calcio. Dado que la valencia del calcio es dos, multiplicamos todo por dos. A partir de este momento el proceso es similar al anterior.

$Ca_2(CO_3)_2$ → Como el subíndice del metal es dos, el ácido tenía dos hidrógenos.

H_2CO_3 → Por tanto, esta sal, que proviene del ácido carbónico, será el carbonato cálcico.

Nomenclatura sistemática

Se nombran igual que en los ácidos, solo se cambian las palabras *de hidrógeno* por el nombre del metal con la valencia entre paréntesis y con números romanos.

EJEMPLOS	
$ZnSO_3$	Trioxosulfato (IV) de cinc
$Cu(NO_2)_2$	Dioxonitrato (III) de cobre (II)
$FeSO_4$	Tetraoxosulfato (VI) de hierro (II)
$Pb(NO_2)_4$	Tetraquisdioxonitrato (III) de plomo (IV)
$CaCO_3$	Trioxocarbonato (IV) de calcio
$AgClO$	Monoxoclorato (I) de plata
$NaMnO_4$	Tetraoxomanganato (VII) de sodio
$NiSO_4$	Tetraoxosulfato (VI) de níquel
$Hg(NO_2)_2$	Dioxonitrato (III) de mercurio (II)
Na_3PO_3 (*)	Trioxofosfato (III) de sodio
Na_3PO_4 (*)	Tetraoxofosfato (V) de sodio
$ZnCrO_4$	Tetraoxocromato (VI) de cinc
$K_2Cr_2O_7$ (**)	Heptaoxodicromato (VI) de potasio
$Fe(BrO_4)_3$(*)	Trioxobromato (V) de hierro (III)

(*) Estas sales proceden del ácido que se forma por la unión de 1 molécula del óxido con 3 moléculas de H_2O.

(**) Esta sal procede del ácido que se forma por la unión de 2 moléculas del óxido con 1 molécula de H_2O.

Nomenclatura de Stock

El metal se nombra poniendo la preposición *de*, seguida del nombre del metal con su valencia en números romanos y entre paréntesis.

Si el metal solo tiene una valencia, no hace falta ponerla.

EJEMPLOS	
$ZnSO_3$	Sulfito de cinc
$Cu(NO_2)_2$	Nitrito de cobre (II)
$FeSO_4$	Sulfato de hierro (II)
$Pb(NO_2)_4$	Nitrito de plomo (IV)
$CaCO_3$	Carbonato de calcio
$AgClO$	Hipoclorito de plata
$NaMnO_4$	Permanganato sódico
$NiSO_4$	Sulfato de níquel (II)
$Hg(NO_2)_2$	Nitrito de mercurio (II)
Na_3PO_3 (*)	Ortofosfito de sodio o fosfito de sodio
Na_3PO_4 (*)	Ortofosfato de sodio o fosfato de sodio
$ZnCrO_4$	Cromato de cinc
$K_2Cr_2O_7$ (**)	Dicromato potásico
$Fe(BrO_4)_3$ (*)	Ortobromato de hierro (III)

(*) En la nomenclatura de Stock, esta sal se nombra con el prefijo *orto-*, que indica la unión con 3 moléculas de H_2O, aunque en el caso del fósforo (P) se suele omitir dicho prefijo.

(**) En la nomenclatura de Stock, esta sal se nombra con el prefijo *di-*, que indica que el ácido del que proviene se forma por la unión de 2 moléculas del óxido con 1 molécula de H_2O.

Memoriza:

Hay siete restos de ácido que no debes olvidar, ya que sus sales son muy importantes.

Nombre	Fórmula	Valencia
Nitrato	NO_3^-	1
Permanganato	MnO_4^-	1
Sulfato	SO_4^{2-}	2
Carbonato	CO_3^{2-}	2
Cromato	CrO_4^{2-}	2
Dicromato	$Cr_2O_7^{2-}$	2
Fosfato	PO_4^{3-}	3

Sales ternarias y sales ácidas

- Las sales ácidas se forman por la sustitución de alguno de los hidrógenos de un ácido oxoácido por un metal. (Por ello, solo son posibles en aquellos ácidos que tengan más de un hidrógeno.)
- El metal actúa con alguna de sus valencias, que indicaremos entre paréntesis en números romanos.
- El resto del ácido, que irá entre paréntesis excepto si la valencia del metal es uno, tiene como valencia el número de hidrógenos que hemos sustituido.
- En la *nomenclatura sistemática* (IUPAC) se nombran anteponiendo el prefijo *hidrógeno* (o *dihidrógeno* si son dos los átomos de hidrógeno sustituidos) al nombre de la sal de la que provienen.

EJEMPLOS	
$NaHSO_4$	Hidrogenotetraoxosulfato (VI) de sodio
$KHSO_3$	Hidrogenotrioxosulfato (IV) de potasio
KH_2PO_4	Dihidrogenotetraoxofosfato (V) de potasio
K_2HPO_4	Hidrogenotetraoxofosfato (V) de potasio
$Fe(HSO_4)_2$	Hidrogenotetraoxosulfato (VI) de hierro (II)
$Ca(HCO_3)_2$	Hidrogenotrioxocarbonato (IV) de calcio

- En la *nomenclatura tradicional*, a las sales ácidas que solo conservan un hidrógeno también se las puede nombrar anteponiendo el prefijo *bi-* en lugar de la palabra *ácido*.

EJEMPLOS	
$NaHSO_4$	Bisulfato sódico
$KHSO_3$	Bisulfito potásico
KH_2PO_4	Fosfato diácido de potasio
K_2HPO_4	Fosfato ácido de potasio
$Fe(HSO_4)_2$	Bisulfato ferroso
$Ca(HCO_3)_2$	Bicarbonato cálcico

- Aunque no corresponden a compuestos cuaternarios, incluiremos también las sales ácidas del ácido sulfhídrico.

Memoriza:

Dado que solo los ácidos con más de un hidrógeno (ácidos polipróticos) pueden formar sales ácidas, repasemos los más importantes:

ÁCIDO	
Fórmula	Nombre
H_2S	Ácido sulfhídrico
H_2SO_3	Ácido sulfuroso
H_2SO_4	Ácido sulfúrico
H_2CO_2	Ácido carbonoso
H_2CO_3	Ácido carbónico
H_2CrO_4	Ácido crómico
H_3PO_4	Ácido fosfórico

IONES ÁCIDOS		
Fórmula	Valencia	Nomenclatura **sistemática**
HS^-	1	Hidrogenosulfuro
HSO_3^-	1	Hidrogenosulfato (IV)
HSO_4^-	1	Hidrogenosulfato (VI)
HCO_2^-	1	Hidrogenocarburo (II)
HCO_3^-	1	Hidrogenocarburo (IV)
$HCrO_4^-$	1	Hidrogenocromato (VI)
$H_2PO_4^-$	1	Dihidrogenofosfato (V)
HPO_4^{2-}	2	Hidrogenofosfato (V)

IONES ÁCIDOS		
Fórmula	Valencia	Nomenclatura **tradicional**
HS^-	1	Bisulfuro
HSO_3^-	1	Bisulfito
HSO_4^-	1	Bisulfato
HCO_2^-	1	Bicarbonito
HCO_3^-	1	Bicarbonato
$HCrO_4^-$	1	Bicromato
$H_2PO_4^-$	1	Fosfato diácido
HPO_4^{2-}	2	Fosfato ácido

Formulación orgánica

Hidrocarburos

Se nombran con el prefijo numeral griego correspondiente al número de átomos de carbono que tenga, terminado en *-ano*.

1. Hidrocarburos saturados, parafinas o alcanos

De cadena lineal

En la siguiente tabla encontrarás los nombres de los diez primeros alcanos.

Nombre	Fórmula semidesarrollada
Metano	CH_4
Etano	CH_3-CH_3
Propano	$CH_3-CH_2-CH_3$
Butano	$CH_3-CH_2-CH_2-CH_3$
Pentano	$CH_3-(CH_2)_3-CH_3$
Hexano	$CH_3-(CH_2)_4-CH_3$
Heptano	$CH_3-(CH_2)_5-CH_3$
Octano	$CH_3-(CH_2)_6-CH_3$
Nonano	$CH_3-(CH_2)_7-CH_3$
Decano	$CH_3-(CH_2)_8-CH_3$

En el metano, CH_4, un átomo de carbono comparte cada uno de sus cuatro electrones externos con cada electrón de cuatro átomos de hidrógeno. De esta manera, tanto el carbono como los cuatro hidrógenos completan su capa externa.

En el etano, CH_3-CH_3, un carbono se une a tres hidrógenos, y a otro carbono, que a su vez se une a otros tres hidrógenos. Se puede observar que los dos carbonos adquieren configuración tetraédrica.

```
    H            H  H
    |            |  |
  H-C-H        H-C--C-H
    |            |  |
    H            H  H
```

Hidrógeno

Carbono

Metano, CH_4.

Etano, CH_3-CH_3.

De cadena ramificada

Para su nomenclatura se procede de la siguiente manera:

1.° Se elige como cadena principal la que contenga el mayor número de átomos de carbono. Esta cadena será la base de la nomenclatura.

2.° Se numera la cadena principal de un extremo al otro, de manera que se asignen los números más bajos a los carbonos que tengan ramificación.

3.° Las ramificaciones, llamadas radicales, se nombran igual que el hidrocarburo del que proceden cambiando la terminación *-ano* por *-il*.

4.° La cadena principal es la última en nombrarse; antes se nombran los radicales por orden alfabético precedidos por un número localizador que indica en qué posición de la cadena principal se encuentra.

Si alguno de los radicales está repetido, no es necesario nombrarlo dos veces; se pueden utilizar los prefijos *di-* (dos), *tri-* (tres) o *tetra-* (cuatro), aunque sí es necesario colocar tantos localizadores como veces aparezca el radical.

> **IMPORTANTE**
>
> **Los números y las letras se separan con guiones; los números se separan con comas.**

<table>
<tr><th>Nombre</th><th>Fórmula semidesarrollada</th></tr>
<tr><td>3-etil-2-metilhexano</td><td><pre>
       CH3 C2H5
        | |
CH3 - CH - CH - CH2 - CH2 - CH3
 1   2   3   4   5   6
</pre></td></tr>
<tr><td>4-etil-2-metilheptano</td><td><pre>
 1   2   3   4
CH3 - CH - CH2 - CH - C2H5
       | |
      CH3   CH2 - CH2 - CH3
                   5   6   7
</pre></td></tr>
<tr><td>2,3,5-trimetil-4-propilheptano</td><td><pre>
                  CH2 - CH2 - CH3
                   |
CH3 - CH - CH - CH - CH - CH2 - CH3
       | | |
      CH3 CH3   CH3
</pre></td></tr>
</table>

Los dos compuestos siguientes:

```
CH3 - CH - CH3        CH3 - CH2 - CH2 - CH3
      |                       Butano
     CH3
  Metilpropano
```

que tienen ambos la fórmula molecular C_4H_{10} son **isómeros**. El metilpropano debería llamarse 2-metilpropano, pero no es necesario porque no hay más posibilidades.

Grupo funcional alcanos:

```
 |  |
-C--C-
 |  |
```

2. Hidrocarburos con doble enlace. Alquenos u olefinas

Se nombran siguiendo estas reglas:

1.° Se elige como cadena principal aquella que, conteniendo al doble enlace, sea la más larga. Esta dará la nomenclatura base del hidrocarburo, cambiando la terminación *-ano* (de alcano) por *-eno* (de alqueno).

2.° Se numera la cadena comenzando por aquel extremo que asigne numeración más baja al doble enlace. Se deberá considerar que el localizador del doble enlace es el más bajo posible, es decir, el número asignado al primero de los carbonos del doble enlace.

3.° Si existiera alguna ramificación, esta se nombra, como ya hemos visto anteriormente para los alcanos.

4.° En caso de que el doble enlace tenga el mismo número empezando a numerar la cadena principal por cualquiera de sus extremos, son las ramificaciones las que indican por qué extremo se numera esta.

5.° Si existiera más de un doble enlace, se utilizan las terminaciones *-dieno* (dos dobles enlaces) o *-trieno* (tres dobles enlaces) precedidas por el prefijo que indica el número de átomos de carbono de la cadena principal (entre ambos se inserta una *-a-* para simplificar la fonética de la palabra resultante).

Nombre	Fórmula semidesarrollada
Eteno	$CH_2=CH_2$
Propeno	$CH_3-CH=CH_2$
Buteno	$CH_3-CH_2-CH=CH_2$
Penteno	$CH_3-CH_2-CH_2-CH=CH_2$
Hexeno	$CH_3-CH_2-CH_2-CH_2-CH=CH_2$
2-metil-2-penteno	$\overset{1}{CH_3}(CH_3)\overset{2}{C}=\overset{3}{C}(H)-\overset{4}{CH_2}-\overset{5}{CH_3}$
3-etil-1,5-heptadieno	$CH_2=CH-CH(CH_2-CH_3)-CH_2-CH=CH-CH_3$

El ejemplo más sencillo de enlace doble es el eteno, en el que dos carbonos comparten dos electrones entre sí y el resto de electrones los comparten con dos hidrógenos cada uno.

Se puede observar la acción trigonal de ambos carbonos, lo que da lugar a una molécula plana.



Eteno o etileno, $CH_2=CH_2$

Hay que resaltar que a partir del buteno es necesario precisar la posición del enlace doble numerando la cadena; es decir, en realidad existen, por ejemplo, dos butenos con propiedades diferentes:

$$\overset{4}{CH_3}-\overset{3}{CH_2}-\overset{2}{CH}=\overset{1}{CH_2}$$

1-buteno

$$\underset{1}{CH_3}-\underset{2}{CH}=\underset{3}{CH}-\underset{4}{CH_3}$$

2-buteno

Para el penteno, también existen dos variedades: el 1-penteno y el 2-penteno; para el hexeno existen tres: 1-hexeno, 2-hexeno y 3-hexeno; y así sucesivamente. Estas variedades de cada compuesto son isómeros, pues tienen la misma fórmula molecular, y reciben el nombre de isómeros de posición.

Grupo funcional alquenos: $>C=C<$

3. Hidrocarburos con triple enlace. Alquinos

Se nombran exactamente igual que los alquenos, pero cambiando la terminación *-eno* (de alqueno) por *-ino* (de alquino).

Nombre	Fórmula semidesarrollada
Etino o acetileno	$H-C\equiv C-H$
Butino	$CH_3-CH_2-C\equiv CH$
Propino	$CH_3-C\equiv CH$
Pentino	$CH_3-CH_2-CH_2-C\equiv CH$
2-metil-3-hexino	$CH_3-CH(CH_3)-C\equiv C-CH_2-CH_3$

El ejemplo más sencillo de enlace triple se encuentra en la molécula de etino, en la que dos carbonos se unen con un enlace triple, y los dos electrones sobrantes, uno de cada carbono, se comparten con sendos átomos de hidrógeno.



Etino o acetileno, $CH \equiv CH$

En todos los casos de hidrocarburos con dobles y triples enlaces, se nombran primero los dobles enlaces. Se suprime la *o* de la terminación *-eno*. El compuesto acabará con la terminación *-ino*.

$$CH_2 = CH - C \equiv C - CH_3$$

1-penten-3-ino

Como es lógico, a partir del butino es necesario numerar la posición del triple enlace y aparecen entonces isómeros de posición, como en el caso de los alquenos. Además, los alquinos también pueden ramificarse, generando isomerías de cadena como en los alcanos y alquenos.

Grupo funcional alquinos: $-C \equiv C-$

4. Hidrocarburos cíclicos

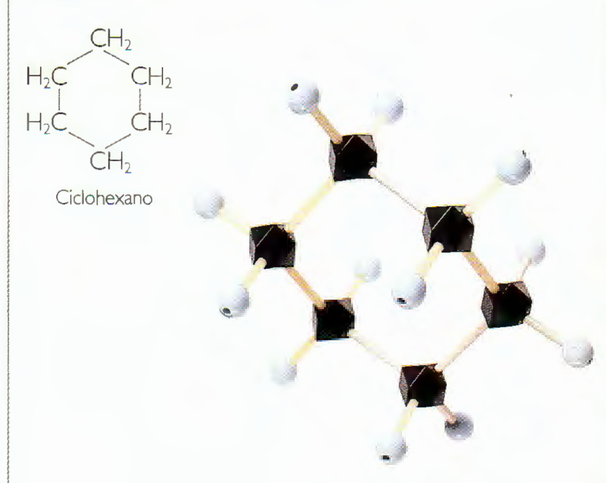
Cicloalcanos

Se nombran anteponiendo el prefijo *ciclo-* al nombre del alcano con el mismo número de átomos de carbono.

Un ejemplo típico de estos cicloalcanos es el ciclohexano.

CH_2
H_2C CH_2
H_2C CH_2
CH_2

Ciclohexano



Ciclohexano, C_6H_{12}

Si el ciclo presenta alguna ramificación, debemos localizarla. Para ello se sigue el criterio de ordenar las ramificaciones por orden alfabético y dar al carbono del ciclo que sustenta la primera ramificación el número uno. El número dos será el que esté a su derecha o izquierda en función del sentido de giro que asigne número más bajo al carbono del ciclo que soporta la segunda ramificación.

Si alguno de los radicales está repetido, no es necesario nombrarlo dos veces; se pueden utilizar los prefijos *di-* (dos), *tri-* (tres) o *tetra-* (cuatro), aunque sí es necesario colocar tantos localizadores como veces aparezca el radical.

No es necesario dibujar todos los átomos de carbono e hidrógeno del ciclo; podemos dibujar tan solo un polígono regular con tantos lados como átomos de carbono tenga el ciclo.

$CH_2 - CH_3$
$CH_2 - CH_3$
CH_3

1,2-dietil-3-metilciclohexano

No aromáticos

Se nombran anteponiendo el prefijo *ciclo-* al nombre del mismo hidrocarburo suponiendo que fuera lineal.

El ciclo se numera de forma que se asignen los localizadores más bajos a las insaturaciones; es indiferente que sean dobles o triples enlaces.

Si existieran ramificaciones, se nombran como ya hemos visto para los hidrocarburos no cíclicos.

CH_3
CH_3

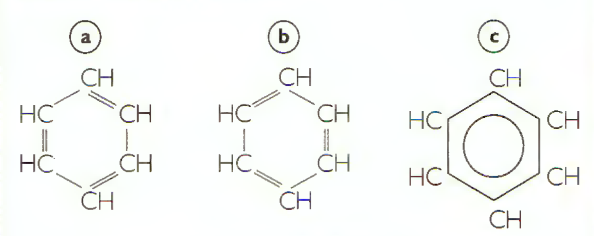
2,3-dimetil-1,3-ciclopentadieno

Aromáticos

Dentro de los hidrocarburos de cadena cerrada merece una mención especial el benceno, que es el generador de todo un conjunto de compuestos denominados hidrocarburos aromáticos, debido a que la mayoría de ellos tienen olor agradable.

El benceno está formado por seis átomos de carbono y otros tantos de hidrógeno; es decir, su fórmula molecular es C_6H_6. La estructura correcta fue adelantada por el alemán Augusto Kekulé (1829-1896) y confirmada en época reciente por métodos de difracción de rayos X. Los seis carbonos están situados en los vértices de un hexágono plano regular y cada uno está ligado de forma trigonal a un hidrógeno y a los dos carbonos adyacentes (figura ⓐ).

Ahora bien, la experiencia muestra que todos los enlaces carbono-carbono son idénticos, lo cual implica que la estructura anterior se «comparte» con la de la figura (b), lo que significa que los enlaces dobles están distribuidos por la cadena sin ocupar posiciones fijas. Por esta razón se utiliza habitualmente el esquema de la figura (c) para la estructura del benceno.



Estructura del benceno.

En caso de que el benceno esté monosustituido, es decir, tenga una ramificación, no es necesario numerar el ciclo, y el compuesto se nombra anteponiendo el nombre del radical a la palabra *benceno*. (Al metilbenceno también se le llama tolueno.)

Mención especial requieren los radicales derivados del benceno:

Compuesto	Fórmula	Radical	Fórmula
Benceno	C_6H_6	Fenil	C_6H_5
Tolueno	$C_6H_5-CH_3$	Bencil	$C_6H_5-CH_2$

CH
HC CH
HC C−CH₃
CH
Tolueno

CH
HC CH
O
HC C−C−OH
CH
Ácido benzoico

Algunos compuestos de la serie bencénica.

Compuestos oxigenados

Los grupos funcionales oxigenados más importantes que generan modificaciones de los hidrocarburos son los siguientes.

Grupo hidroxilo. Está formado por una molécula de agua a la que se le ha quitado un átomo de hidrógeno, es decir:

$$-OH$$

de manera que el enlace sobrante puede utilizarse para conectar con un carbono de hidrocarburo al que se le haya arrancado previamente un hidrógeno.



Molécula de agua, H_2O.

Grupo hidroxilo (alcohol).

Grupo carbonilo. Está formado por un átomo de carbono trigonal conectado a un átomo de oxígeno a través del enlace doble (figura siguiente), es decir:

$$>C=O$$

con lo cual los dos enlaces sobrantes pueden ser utilizados para conectar dos ramas de hidrocarburos; por ejemplo, radicales metílicos, etílicos, etc., en particular simples hidrógenos.



Molécula de oxígeno, O_2.

Grupo carbonilo.

Grupo carboxilo. Está formado por un grupo carbonilo en el que uno de los enlaces sobrantes se ha utilizado para conectar un grupo hidroxilo, es decir:

$$-C\begin{matrix}{\scriptstyle /\!/}O\\ \backslash OH\end{matrix} \leftrightarrow -COOH$$

El enlace sobrante puede utilizarse, como en el caso hidroxilo, para conectar un radical de hidrocarburo.

Alcoholes

Para nombrar los alcoholes se considera que se ha sustituido un átomo de hidrógeno de un hidrocarburo por el radical −OH. El alcohol obtenido se nombra añadiendo la terminación *-ol* al hidrocarburo del que procede.

Utilizando como base los alcanos lineales se obtienen los siguientes alcoholes:

Nombre	Fórmula semidesarrollada
Metanol	CH_3-OH
Etanol	CH_3-CH_2OH
Propanol	$CH_3-CH_2-CH_2OH$
Butanol	$CH_3-(CH_2)_2-CH_2OH$
Pentanol	$CH_3-(CH_2)_3-CH_2OH$

Hay que tener en cuenta que el grupo hidroxilo también se puede conectar a un carbono intermedio de la cadena, por lo que se produce una isomería de posición que obliga a numerar el grupo hidroxilo.

$$CH_3-CH_2-CH_2OH \qquad CH_3-CHOH-CH_3$$

1-propanol — 2-propanol

En el caso de que se conecten dos o más grupos hidroxilo en una cadena, se utilizan los sufijos *-diol*, *-triol*, etc.

$$CH_3-CHOH-CH_2OH$$

1,2-propanodiol

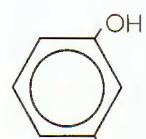
$$CH_2OH-CH=CH-\underset{\underset{CH_2-CH_2-CH_3}{|}}{CH}-CH_2OH$$

4-propil-2-penten-1,5-diol

Fenoles

Son alcoholes derivados del benceno, es decir, obtenidos al sustituir uno o más hidrógenos del benceno por grupos $-OH$.

El más sencillo de la serie es el fenol, que sería el benceno con un grupo $-OH$.



Fenol

Éteres

Se nombran los dos radicales (por tanto, terminados en *-il*) en orden alfabético y se termina con la palabra *éter*.

$$C_2H_5-O-C_2H_5 \qquad CH_3-CH_2-O-CH_3$$

Dietiléter — Etilmetiléter

Aldehídos

Se nombran añadiendo al nombre del hidrocarburo del que derivan el sufijo *-al*.

Si hay dos grupos aldehído, uno en cada extremo, la terminación será *-dial*.

$$OHC-CH_2-CH_2-CH_2-CHO$$

Pentanodial

Si el grupo carbonilo se conecta al extremo de un alcano no lineal, la nomenclatura es similar a la que se ha utilizado para los alcanos ramificados.

$$\overset{4}{CH_3}-\underset{\underset{CH_3}{|}}{\overset{3}{CH}}-\overset{2}{CH_2}-\overset{1}{C}\begin{array}{l}/\!/O\\ \backslash H\end{array}$$

3-metil butanal

Nombre	Fórmula semidesarrollada
Metanal	$H-C\begin{array}{l}/\!/O\\ \backslash H\end{array}$
Etanal	$CH_3-C\begin{array}{l}/\!/O\\ \backslash H\end{array}$
Propanal	$CH_3-CH_2-C\begin{array}{l}/\!/O\\ \backslash H\end{array}$
Butanal	$CH_3-CH_2-CH_2-C\begin{array}{l}/\!/O\\ \backslash H\end{array}$

Cetonas

Se nombran añadiendo al nombre del hidrocarburo del que derivan el sufijo *-ona*. Si hay dos grupos cetona, la terminación será *-diona*, o *-triona* si son tres, etc.

Nombre	Fórmula semidesarrollada
Propanona	$CH_3-\underset{\underset{O}{\|}}{C}-CH_3$
Butanona	$CH_3-\overset{\overset{O}{\|}}{C}-CH_2-CH_3$
Pentanona	$CH_3-\underset{\underset{O}{\|}}{C}-CH_2-CH_2-CH_3$

En la molécula de acetona un carbono se combina con un átomo de oxígeno (enlace doble) y con otros dos carbonos (enlaces simples).

Se puede presentar una isomería de posición, esta vez a partir de la pentanona, por lo que es necesario señalar la posición del grupo carbonilo. Por ejemplo, se tiene:

$$CH_3-\overset{\overset{O}{\|}}{C}-CH_2-CH_2-CH_3$$

2-pentanona

$$CH_3-CH_2-\underset{\underset{O}{\|}}{C}-CH_2-CH_3$$

3-pentanona

Ácidos carboxílicos

Se nombran con el nombre genérico *ácido*, seguido del nombre del hidrocarburo del que proceden (hidrocarburo con el mismo número de átomos de carbono) terminado en *-oico*.

Nombre	Fórmula semidesarrollada
Ácido metanoico	$\mathrm{H-C}\begin{array}{l}/\!\!/\mathrm{O}\\ \backslash\mathrm{OH}\end{array}$
Ácido etanoico	$\mathrm{CH_3-C}\begin{array}{l}/\!\!/\mathrm{O}\\ \backslash\mathrm{OH}\end{array}$
Ácido propanoico	$\mathrm{CH_3-CH_2-C}\begin{array}{l}/\!\!/\mathrm{O}\\ \backslash\mathrm{OH}\end{array}$

Si tiene dos grupos carboxilo, la terminación será *-dioico*.

Hay algunos ácidos que mantienen su nombre no sistemático o vulgar.

Fórmula	Nombre sistemático	Nombre vulgar
HCOOH	Ácido metanoico	Ácido fórmico
$\mathrm{CH_3-COOH}$	Ácido etanoico	Ácido acético
$\mathrm{C_6H_5-COOH}$	Ácido fenilmetanoico	Ácido benzoico

Los ácidos que tienen una cadena carbonada larga se denominan ácidos grasos. Los más corrientes son:

- Ácido palmítico: $\mathrm{CH_3-(CH_2)_{14}-COOH}$
- Ác. oleico: $\mathrm{CH_3-(CH_2)_7-CH=CH-(CH_2)_7-COOH}$
- Ácido esteárico: $\mathrm{CH_3-(CH_2)_{16}-COOH}$

Ésteres

Se nombran cambiando la terminación *-ico* del ácido por la terminación *-ato* y, a continuación, el nombre del alcohol en el que cambiamos la terminación *-ol* por *-ilo*.

$$\mathrm{CH_3-\overset{\displaystyle O}{\overset{\|}{C}}-O-CH_3}$$

Etanoato de metilo

$$\mathrm{CH_3-CH_2-\overset{\displaystyle O}{\overset{\|}{C}}-O-CH_2-CH_3}$$

Propanoato de etilo

Los ésteres se forman mediante la reacción de esterificación entre un ácido carboxílico y un alcohol. Los productos de esta reacción son el éster más agua.

Ácido + alcohol ⇒ éster + agua

$$\mathrm{CH_3-COOH + CH_3OH \Rightarrow CH_3-COOCH_3 + H_2O}$$

Ácido acético + metanol ⇒ acetato de metilo + agua

La reacción inversa, conocida con el nombre de saponificación, se produce en las mismas condiciones experimentales, por lo que el estado final es un estado de equilibrio químico en el que coexisten las cuatro sustancias.

Así, una reacción de este tipo se debe escribir con doble flecha, por ejemplo:

$$\underbrace{\mathrm{CH_3CO_2H}}_{\text{Ácido etanoico}} + \underbrace{\mathrm{CH_3CH_2OH}}_{\text{etanol}} \rightleftharpoons \underbrace{\mathrm{CH_3CO_2CH_2CH_3}}_{\text{etanoato de etilo}} + \underbrace{\mathrm{H_2O}}_{\text{agua}}$$

Compuestos nitrogenados

Los grupos funcionales nitrogenados son los siguientes:

Grupo amina. Está formado por una molécula de amoniaco a la que se le ha quitado un átomo de hidrógeno (es decir, $-\mathrm{NH_2}$), por lo que el enlace sobrante puede conectarse, por ejemplo, con un radical de hidrocarburo.

Grupo amida. Está formado por un grupo carbonilo en el que uno de los enlaces sobrantes está conectado a un grupo amina, es decir:

$$-\mathrm{C}\begin{array}{l}/\!\!/\mathrm{O}\\ \backslash\mathrm{NH_2}\end{array}$$

de manera que el otro enlace sobrante puede conectarse a un radical carbonado arbitrario.

Grupo nitrilo. Este grupo resulta de la unión triple de un nitrógeno con un carbono, dejando un enlace simple para conectarse a un radical carbonado: $-\mathrm{C\equiv N}$.

Aminas

Las aminas primarias se nombran añadiendo la terminación *-amina* al nombre del radical orgánico sustituido.

$\mathrm{CH_3-NH_2}$ — Metilamina

$\mathrm{CH_3-CH_2-NH_2}$ — Etilamina

Amidas

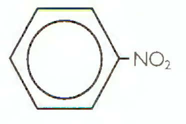
Para nombrarlas se utiliza el mismo nombre del ácido de partida, eliminando en este caso el vocablo *ácido* y sustituyendo la terminación *-oico* por *-amida*.

$$\mathrm{CH_3-CO-NH_2}$$

Etanamida o acetamida

Nitrilos

Son compuestos que contienen el grupo $-\mathrm{NO_2}$. Su nomenclatura es igual que la de los derivados halogenados, es decir, no tienen ninguna prioridad; y se nombran siempre con el prefijo *nitro-* localizado, seguido del nombre del compuesto orgánico al que vayan unidos.



Nitrobenceno

Relación de ilustradores

Carlos Aguilera Sevillano
David Cabacas Carballo
Domingo Benito Pérez Rodríguez
José María Valera Estévez
Enrique Cordero Pérez
Francisco Luis Frontán Fernández
Juan Pablo Mora García
Félix Moreno Arrastio
Ángel Ovejero Sánchez
José Santos González

Relación de fotografías

A. Toril; A. Viñas; Algar; B. González; C. Jiménez; C. Roca; D. Lezama; E. Marín; F. Ontañón; F. Orte; G. Aldana; G. Rodríguez; GARCÍA-PELAYO/Juancho; I. Rovira; I. Codina; J. A. Gutiérrez; J. C. Martínez; J. C. Muñoz/ Instituto Geológico y Minero de España; J. F. Fernández; J. Gual; J. I. Medina; J. Jaime; J. L. de Lope/ J. M.ª Sánchez; J. L. G. Grande; J. Lucas; J. M. Borrero; J. M.ª Barres; J. M.ª Escudero/CLESA; J. Segarra; J. Soler; J. V. Resino; Juan M. Ruiz; KAIBIDE DE CARLOS FOTÓGRAFOS; Krauel; L. Agromayor; M. G. Vicente; M. Montes; M. Moreno; M. Raurich; Michele di Piccione; ORONOZ; P. Esgueva; P. García; P. López; RICERCHE ICONOGRAFICHE DE CESARE, MILAN; A. G. E. FOTOSTOCK/Claude Nuridsany & Marie Perennou, Science Museum/SSPL, David Ducros, Ruddy Gold, K. Eward, CNRI; ABB GENERACIÓN, S. A.; COMSTOCK; CONTIFOTO/ VANDYSTADT/Christian Le Bozec, Didier Klein, G. Planchenault, Jean-Marc Loubat, Kurt Amsler, Sylvain Cazenave; CONTIFOTO/ PRESSE SPORTS/C. Abad, Pochat, Tim McKenna; CONTIFOTO/Alain Ernoult, David Higgs, Giuliano Bevilacqua; COVER/CORBIS SYGMA/Bernard Bisson, R. Le Guen; COVER/SYGMA/John Van Hasselt Andrew Perkins/BRITISH ANTARCTIC SURVEY, Bernard Annebicque, Bernard Bisson, Christian Zachariasen, D. Aubert, Daniel Giry, Dusko Despotovic, F. Astier, F. Astier/ /AP-HP, F. Pitchal, G. Neri, J. Beauchamp, James Andanson, Les Stone, M. Attar, Michel Setboun, Nashe Nasledie, T. Soqui, Yves Forestier, Zita, GREENPEACE/Warford, NASA, SIEMENS, VECTOREFLEX; COVER; DIGITALVISION; EFE/ ORP ARMADA; EFE/A. Díaz, E. Abad, J. Huesca, L. Gene, M. Martí, M. Riopa, T. Albir; EFE/EPA PHOTO; EFE/EPA PHOTO/A. Alonso; EFE/EPA PHOTO/AFP/NASA; EFE/SIPA- -PRESS/Balikcioglu, Brad Rickerby, Coret/Niko, Dickinson, Frédéric Nebinger, J. Sommers, MUSÉE DE BOSTON/Goldner/SIPA ICONO, Pierre Adenis, Richard Manin, Rubio-Ardoukoba, Scott Andrews, Tony Lopez, Tracy Baker, Viavant, NASA, D. O. D, INTERSIECLE/SIPA ICONO, NASA/TAMPA TRIBUNE, SIPA SPORT, STAVANGER AFTENBLA; EUROPA PRESS REPORTAJES/'PA' PHOTO LIBRARY/Malcolm Croft; EUROPA PRESS REPORTAJES/KEYSTONE PRESS AGENCY LTD; FOTO SANTI/S. Alonso; CSIC/INSTITUTO DE FILOLOGÍA; Xurxo Lobato; HIGHRES PRESS STOCK/AbleStock.com; I. Preysler; JOHN FOXX IMAGES; LOBO PRODUCCIONES/C. Sanz; MARGEN FOTOGRAFÍA; MICROS/J. M. Blanco; MUSEUM ICONOGRAFÍA/The Bridgeman Art Library, J. Martin; NASA, ESA, and The Hubble Heritage Team (STScI/AURA)/JPL-Caltech/E. Churchwell (University of Wisconsin), /NASA, ESA, and Hubble Heritage Team (STScI); PHOTOALTO; PHOTODISC; STOCKBYTE; STUDIO TEMPO/J. Sánchez; BIBLIOTECA NACIONAL, MADRID/Laboratorio Biblioteca Nacional; EDISTUDIO; HidroCantábrico; HOSPITAL DE LA BEATA, MADRID; INSTITUTO GEOLÓGICO Y MINERO DE ESPAÑA; J. Gómez; J. L. Ferrer; J. M. Ramos/ CONSEJO SUPERIOR DE INVESTIGACIONES CIENTIFICAS. INSTITUTO DE CATÁLISIS Y PETROLEOQUÍMICA; JAMESTOWN-YORKTOWN FOUNDATION, VIRGINIA; KODANSHA; Magellan; MATTON-BILD; MUSEO NACIONAL DE ARTE MODERNO DE CATALUÑA; MUSEO NACIONAL DEL PRADO; PALAIS DE LA DÉCOUVERTE, PARIS; PHILIPS; PHOTO CERN; REAL MUSICAL, MADRID; RENAULT; SERIDEC PHOTOIMAGENES CD; SOLVAY/ICONOTHÈQUE SOLVAY Tous droits réservés; THE BRITISH MUSEUM, LONDON; THE METROPOLITAN MUSEUM OF ART, NEW YORK; UNIVERSIDAD DE KYOTO; USIS; ARCHIVO SANTILLANA

Dirección de arte

Director de arte:
José Crespo González

Jefa de proyecto:
Rosa Marín González

Proyecto gráfico:
Diseño de cubiertas:
oficinatresminutos y
Gabriela Martini
Diseño de interiores:
Cristina Vergara
De esta edición:
Gabriela Martini

Coordinador ilustración:
Carlos Aguilera Sevillano

Coordinador desarrollo gráfico:
Javier Tejeda de la Calle

Desarrollo gráfico:
Rosa Barriga Gaitán
Raúl de Ándres González
Manuel García Alfonso
José Luis García Bermejo

Dirección técnica

Director técnico:
Ángel García Encinar

Coordinadores técnicos:
Manuel Baña González
Ángeles Bárzano Caraballo
Fernando Carmona Carretero
Julio del Prado Martínez
Francisco Moral Mínguez
Alejandro Retana Montero
Félix Rotella Sandoval

Coordinadora composición, confección y montaje:
Marisa Valbuena Rodríguez

Composición, confección y montaje:
María Delgado Montero
Miguel Ángel Mora-Gil Domínguez
Francisco Javier Pulido Martínez
Lourdes Román Viñas
Fernando Calonge Ortiz
Luis González Prieto
Linocomp, S. L.
Aurora Martín Palomar
Moire, S. L.
Pedro Valencia Mejía

Coordinador corrección:
Gerardo Z. García García

Corrección:
Nuria del Peso Ruiz
Pilar Pérez Pardo
Miguel Ángel Alonso González
Mercedes Barroso Ares
María Castrejón Sánchez
José Ramón Díaz Gijón
Cristina Durán González
Alberto Marín Carreño
África Planet Contreras
Marta Rubio Aguilar
Ángeles San Román Puente
Tomás Verger Gallego

Coordinador cartografía:
José Luis Gil Sánchez

Cartografía:
Belén Hernández Alonso
José Manuel Solano Ronda
De esta edición:
Nélida Iglesias
María Teresa Cereceda Mardones

Documentación y selección de fotografías:
Mercedes Barcenilla Rodríguez
Miguel Ángel Corcobado Justo
Nieves Marinas Mateos
Marilé Rodrigálvarez Martín
De esta edición:
Créditos fotográficos de cubierta:
"Atomium", Bruselas Demetrio Carrasco/JAI/Corbis

Coordinador fotomecánica:
Bonifacio Herranz Jiménez

Fotomecánica:
Marina de León-Sotelo Barberá
Juan José Frías Moreno
Ángel Manuel García González
Diego Ruiz Gallego
Javier Sánchez Claramonte

Argentina
Av. Leandro N. Alem, 720
C 1001 AAP Buenos Aires
Tel. (54 114) 119 50 00
Fax (54 114) 912 74 40

Bolivia
Avda. Arce, 2333
La Paz
Tel. (591 2) 44 11 22
Fax (591 2) 44 22 08

Chile
Dr. Aníbal Ariztía, 1444
Providencia
Santiago de Chile
Tel. (56 2) 384 30 00
Fax (56 2) 384 30 60

Colombia
Calle 80, 10-23
Bogotá
Tel. (57 1) 635 12 00
Fax (57 1) 236 93 82

Costa Rica
La Uruca
Del Edificio de Aviación
Civil 200 m al Oeste
San José de Costa Rica
Tel. (506) 220 42 42 y
220 47 70
Fax (506) 220 13 20

Ecuador
Avda. Eloy Alfaro, 33-347
Quito
Tel. (593 2) 244 66 56 y
244 21 54
Fax (593 2) 244 87 91

España
Torrelaguna, 60
28043 Madrid
Tel. (34 91) 744 90 60
Fax (34 91) 744 92 24

Estados Unidos
2105 N.W. 86th Avenue
Doral, F.L. 33122
Tel. (1 305) 591 95 22 y
591 22 32
Fax (1 305) 591 91 45

Guatemala
7ª Avda. 11-11
Zona 9
Guatemala C.A.
Tel. (502) 24 29 43 00
Fax (502) 24 29 43 43

México
Avda. Universidad, 767
Colonia del Valle
03100 México D.F.
Tel. (52 5) 554 20 75 30
Fax (52 5) 556 01 10 67

Paraguay
Avda. Venezuela, 276,
entre Mariscal López y
España
Asunción
Tel./fax (595 21) 213 294
y 214 983

Perú
Avda. Primavera, 2610
Santiago de Surco
Lima 33
Tel. (51 1) 313 40 00
Fax. (51 1) 313 40 01

Puerto Rico
Avda. Roosevelt, 1506
Guaynabo 00968
Puerto Rico
Tel. (1 787) 781 98 00
Fax (1 787) 782 61 49

República Dominicana
Juan Sánchez Ramírez, 9
Gazcue
Santo Domingo R.D.
Tel. (1809) 682 13 82 y
221 08 70
Fax (1809) 689 10 22

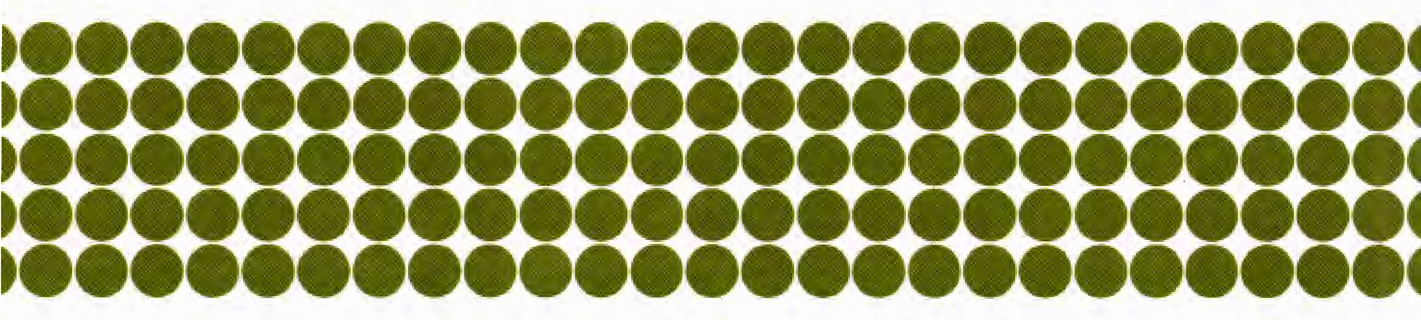
Uruguay
Constitución, 1889
11800 Montevideo
Tel. (598 2) 402 73 42 y
402 72 71
Fax (598 2) 401 51 86

Venezuela
Avda. Rómulo Gallegos
Edificio Zulia, 1° - Sector
Monte Cristo
Boleíta Norte
Caracas
Tel. (58 212) 235 30 33
Fax (58 212) 239 79 52

Impreso en Perú por Empresa Editora El Comercio SA. en abril de 2011.

La Enciclopedia del Estudiante

07 Física y Química



Bloques:

01. Estructura de la materia
02. Las reacciones químicas
03. La química de los seres vivos
04. Estudio de los movimientos
05. Dinámica
06. Trabajo, energía y calor
07. Electricidad y magnetismo
08. Ondas

Anexo:

I. Formulación química

Santillana

ISBN
978-987-04-1663-0
9789870416630